



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

VANESSA GOMES ROLIM VILLA VERDE

**DIAGNÓSTICO DA EROSÃO URBANA DA CIDADE DE RECIFE, PERNAMBUCO**

Recife  
2019

VANESSA GOMES ROLIM VILLA VERDE

**DIAGNÓSTICO DA EROSÃO URBANA DA CIDADE DE RECIFE, PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.

**Área de concentração:** Geologia Aplicada.

**Orientador:** Profº. Dr. Almany Costa Santos.

**Coorientador:** Profº. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.

**Coorientadora:** Profª. Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira.

Recife  
2019

Catálogo na fonte

Bibliotecária Valdicêa Alves, CRB-4 / 1260

V712d Villa Verde, Vanessa Gomes Rolim.

Diagnóstico da erosão urbana da cidade de Recife, Pernambuco /  
Vanessa Gomes Rolim Villa Verde - 2019.

160folhas.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Almany Costa Santos.

Coorientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso,

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Felisbela Maria da Costa Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.  
CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2019.

Inclui Referências, e Apêndices.

1. Geociências. 2. Erosão urbana. 3. Erosão de encostas.  
4. Erosão costeira. 5. Solos eluvionares. I. Santos, Almany Costa  
(Orientador). II. Manso, Valdir do Amaral Vaz(Coorientador).  
III. Oliveira, Felisbela Maria da Costa (Coorientadora). IV.Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-144

**VANESSA GOMES ROLIM VILLA VERDE**

**DIAGNÓSTICO DA EROSÃO URBANA DA CIDADE DE RECIFE, PERNAMBUCO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Geociências.

Aprovada em: 28/02/2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Almany Costa Santos (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico essa dissertação à minha avó Margarida Rolim Villa Verde, boa parte do que sou, devo a ela (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Aos meus pais Auroízia e José Fernando e ao meu padrasto Valdir, por todo incentivo, apoio, amor e compreensão.

Ao Professor Dr. Almany Costa Santos, meu orientador, quem me ajudou bastante na orientação, nos trabalhos de campo, nos materiais de laboratório e confecção de mapas.

À Professora Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira, quem me apoiou desde o início, antes mesmo do processo seletivo e ajudou com o material de estudo.

Ao Professor Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso pela co-orientação, ajuda e auxílio no Laboratório de Geofísica e Geologia Marinha (LGGM) da Universidade Federal de Pernambuco.

Ao Secretário-executivo Coronel Cassio Sinomar Queiroz de Santana, quem permitiu realizar meus trabalhos de campo junto aos engenheiros e técnicos da Defesa Civil de Recife, Secretaria da Defesa Civil (SEDEC) da cidade de Recife.

À Elaine Hawson, engenheira da Defesa Civil, que através dela, pude realizar meus trabalhos de campo, e também, agradeço aos engenheiros, técnicos e motoristas da Defesa Civil de Recife, os quais me ajudaram bastante com os trabalhos de campo, sem eles nada tinha sido feito.

Aos colegas do LGGM Miguel Maia Chaves Arraes e Guilherme Santos, e ao topógrafo Henrique Viegas pela ajuda dos perfis costeiros, sem eles também não tinha feito os perfis.

Ao colega Luis de Gois pelas dicas e ajuda com os materiais costeiros.

À Professora Dra. Carlinda Campelo Farias quem me ajudou com as interpretações dos Difrátogramas da Difração de Raio-X, e também, a Professora Dra. Lucila Ester com a ajuda do programa Origin.

Ao Professor Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann com a ajuda da Catodoluminescência.

Ao Laboratório de Gemologia da UFPE, pelo auxílio das fotomicrografias.

Ao Centro de Hidrografia da Marinha – CHM, Marinha do Brasil, por ter disponibilizado as tábuas de maré do ano de 1998, referentes ao porto do Recife.

Ao CompoLab, Laboratório de Materiais Compósitos e Integridade Estrutural, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco por ter liberado a utilização do Difrátômetro de Raio-X, e com isso eu realizei as análises de DRX.

Ao Centro de Distribuição da COMPESA, no bairro da Macaxeira, pela liberação da minha entrada para análise do talude e coleta de amostras, e ao engenheiro de segurança Leonardo Cipriano pelo auxílio da vistoria.

Ao Professor Dr. Gorki Mariano, e ao técnico Fidelis pelas confecções das lâminas delgadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco UFPE.

Por fim, a todos os professores e ao assistente administrativo Krishnamurti do Programa de Pós Graduação em Geociências da UFPE.

## RESUMO

Recife, Pernambuco, possui uma área de 218,50 km<sup>2</sup>, uma população estimada de 1.637.834 habitantes, com densidade populacional de 7.039,64 hab./km<sup>2</sup>, e 38,1% dos recifenses tem a renda per capita mínima de ½ salário mínimo, interferências na ocupação dos morros, nos processos erosivos das encostas e região costeira. Portanto, o estudo das erosões é uma ferramenta essencial para o planejamento do uso do solo e sua ocupação. Nesta dissertação foi apresentado um panorama sobre a erosão urbana, a partir das características geológicas (tipos litológicos, solos, descontinuidades e modo de ocorrência), geomorfológicas (forma de relevo e declividade), e da influência antrópica, além de identificar as áreas mais susceptíveis aos processos erosivos e fornecer informações básicas para o controle das erosões existentes e orientações preventivas e corretivas de combate à erosão. A geologia bastante diversificada, com ocorrência de rochas plutônicas, vulcânicas e sedimentares das Bacias Pernambuco e Paraíba, além de, sedimentos diversos friáveis e erodíveis também contribuem nos movimentos de massa. As áreas mais suscetíveis a erosão se encontram nos morros, locais com maior declividade, erosão de encostas, e na faixa litorânea de Recife, erosão costeira. Nos pontos de riscos dos morros e encostas, foram criadas fichas cadastrais, baseadas na NBR 11.682. Amostras de solo, foram coletadas e analisadas no Difratômetro de Raio-X (DRX) e identificadas as rochas originárias desses solos. Nas rochas sedimentares foram feitas análises na catoluminescência (CL). As análises de DRX indicou que a Formação Barreiras não ocorre, em totalidade, no morros, como proposto em mapas geológicos de outros autores, trata-se de depósitos de solos eluviais originários de rochas ígneas plutônicas e vulcânicas, e as amostras de rochas sedimentares analisadas na CL indicaram serem de origem ígnea, com isso, foi sugerido um novo mapa geológico da Cidade de Recife. Os sedimentos são predominantemente arenosos e mais susceptíveis aos processos erosivos. Quando há camadas argilosas, estas se encontram em alternância com as camadas arenosas. Em geral, a camada argilosa é impermeável e provoca um caminho preferencial da água e uma superfície potencial de deslizamento. Também se verificou a presença de crosta laterítica, provocando o mesmo mecanismo da camada argilosa. Para os processos erosivos costeiros foram feitos perfis ao longo dos anos de 2017 e 2018, e comparados com perfis realizados em 1998, nos quais foram constatados pontos com sedimentação de origem marinha, e pontos críticos de erosão costeira. As aberturas e as descontinuidades dos *beachrocks* próximos à costa, proporcionam a erosão costeira pontual devido as correntes de deriva. Na costa, um campo dunar foi mapeado, e, em um ano, verificou-se impactos ambientais nas dunas, onde ações antrópicas recalçaram uma delas em 380,0m<sup>3</sup>/m. Constatou-se que o trecho de maior erosão costeira, encontra-se em frente ao Parque Dona Lindu. Outro fator impactante no processo erosivo costeiro, é o escoamento das águas superficiais e do mal direcionamento das redes de drenagem das águas pluviais para as faixas de praia. Essa dissertação indica as áreas vulneráveis aos processos erosivos, pontos de riscos nas encostas e na costa, propostas mitigadoras e mapa geológico.

Palavras - chave: Erosão urbana. Erosão de encostas. Erosão costeira. Solos eluvionares.

## ABSTRACT

Recife, Pernambuco, has an area of 218.50 km<sup>2</sup>, an estimated population of 1,637,834 inhabitants, with a population density of 7, 039.64ha/km<sup>2</sup>. 38,1% of these inhabitants have a minimum per capita income of ½ minimum salary, which interferes in the occupation of the hills, in the erosive processes of the slopes and coastal region. Therefore, the study of erosions is an essential tool for the planning of land use and its occupation. In this dissertation a panorama was presented on the urban erosion, from the geological characteristics (lithologic types, soils, discontinuities and mode of occurrence), geomorphological (form of relief and declivity), and anthropic influence, besides identifying the most susceptible areas to erosion processes and provide basic information for the control of existing erosions and preventive and corrective erosion control. The geology diversified, with plutonic, volcanic and sedimentary rocks from the Pernambuco and Paraíba Basins, besides, diverse friable and erodible sediments also contribute in the mass movements. The areas most susceptible to erosion are found in the hills, places with greater slope, erosion of slopes, and in the coastal strip of Recife, coastal erosion. At the risk points of hills and slopes, registration forms were created, based on NBR 11,682. Soil samples were collected and analyzed on the X-ray diffractometer (XRD) and the rocks originating from these soils were identified. In the sedimentary rocks, analyses were performed on the catholuminescence (CL). The analysis of XRD indicated that the Barreiras Formation does not occur in the whole hills, as proposed in geological maps of other authors. They are deposits of weathering soils originated from plutonic and volcanic igneous rocks and the samples of sedimentary rocks analyzed in CL indicated to be of igneous origin, with that, a new Recife geological map was suggested. The sediments are predominantly sandy and more susceptible to erosive processes. When there are clay layers, these are in alternation with the sandy layers. In general, the clay layer is impermeable and causes a preferential path of water and a potential slip surface. Also the presence of lateritic crust was verified, provoking the same mechanism of the clay layer. For coastal erosion processes profiles were made during the years 2017 and 2018, and compared to profiles made in 1998, in which points with sedimentation of marine origin and critical erosion points were found. The openings and discontinuities of beach rocks near the coast, provide coastal erosion point due to drift currents. At the coast, a dune field was mapped, and for one year, environmental impacts were verified in the dunes, where anthropic actions emphasized, one of them, at 380.0m<sup>3</sup>/m. It was found that the stretch of coastal erosion is in front of the Dona Lindu Park. Another striking factor in the coastal erosion process is the drainage of surface waters and the misdirection of drainage networks from the rainwater to the beach strips. This dissertation indicates the areas vulnerable to erosion processes, points of risks on the slopes and the coast, mitigating proposals and geological map.

Keywords: Urban erosion. Slops erosion. Shoreline erosion. Weathering soils.

## SUMÁRIO

|              |                                                                          |           |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                  | <b>12</b> |
| 1.1          | OBJETIVOS .....                                                          | 12        |
| 1.2          | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                              | 13        |
| <b>2</b>     | <b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>                                      | <b>14</b> |
| 2.1          | LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....                                                 | 14        |
| 2.2          | CONTEXTO GEOLÓGICO.....                                                  | 15        |
| <b>2.2.1</b> | <b>Bacia Pernambuco .....</b>                                            | <b>15</b> |
| <b>2.2.2</b> | <b>Bacia Paraíba.....</b>                                                | <b>16</b> |
| 2.3          | ASPECTOS FÍSIOGRÁFICOS DA ÁREA .....                                     | 19        |
| <b>2.3.1</b> | <b>Clima.....</b>                                                        | <b>19</b> |
| <b>2.3.2</b> | <b>Hidrografia .....</b>                                                 | <b>20</b> |
| <b>2.3.3</b> | <b>Geomorfologia.....</b>                                                | <b>21</b> |
| <b>2.3.4</b> | <b>Vegetação .....</b>                                                   | <b>23</b> |
| <b>2.3.5</b> | <b>Oceanografia .....</b>                                                | <b>24</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>SEDIMENTOS DAS ENCOSTAS: .....</b>                                    | <b>29</b> |
| <b>3.1.1</b> | <b>Difração de raio-x .....</b>                                          | <b>30</b> |
| 3.2          | SEDIMENTOS COSTEIROS.....                                                | 31        |
| <b>3.2.1</b> | <b>Análises granulométricas .....</b>                                    | <b>31</b> |
| <b>3.2.2</b> | <b>Carbonato total.....</b>                                              | <b>32</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>PETROGRAFIA .....</b>                                                 | <b>32</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>CATODOLUMINESCÊNCIA (CL) .....</b>                                    | <b>32</b> |
| <b>4</b>     | <b>ANÁLISES E DISCUSSÕES SOBRE A GEOLOGIA DA ÁREA</b>                    |           |
|              | <b>ESTUDADA .....</b>                                                    | <b>34</b> |
| 4.1          | COMPLEXO BELÉM DO SÃO FRANCISCO<br>(EMBASAMENTO CRISTALINO) (PP2bf)..... | 34        |
| 4.2          | SUÍTE MAGMÁTICA IPOJUCA (K12lip) .....                                   | 34        |
| 4.3          | FORMAÇÃO ALGODOAIS (K2ag) .....                                          | 36        |
| 4.4          | FORMAÇÃO BEBERIBE .....                                                  | 40        |
| 4.5          | FORMAÇÃO GRAMAME (K2g) .....                                             | 42        |
| 4.6          | SEDIMENTOS ELUVIONARES (N4se).....                                       | 45        |
| 4.7          | SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS .....                                            | 50        |
| <b>4.7.1</b> | <b>Sedimentos de praia (N4lp) .....</b>                                  | <b>50</b> |
| <b>4.7.2</b> | <b>Arenitos de praia (<i>Beachrocks</i>) (n4rp) .....</b>                | <b>50</b> |

|              |                                                                        |            |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b>     | <b>EROSÃO DE ENCOSTAS .....</b>                                        | <b>54</b>  |
| 5.1          | REGIONAL NORTE .....                                                   | 57         |
| <b>5.1.1</b> | <b>Barreirão da Bomba .....</b>                                        | <b>58</b>  |
| <b>5.1.2</b> | <b>Alto do Pereirinha.....</b>                                         | <b>60</b>  |
| 5.2          | REGIONAL NORDESTE .....                                                | 62         |
| 5.3          | REGIONAL SUL .....                                                     | 66         |
| 5.4          | REGIONAL OESTE.....                                                    | 68         |
| 5.5          | REGIONAL NOROESTE.....                                                 | 71         |
| 5.6          | RISCOS GEOLÓGICOS .....                                                | 73         |
| <b>5.6.1</b> | <b>Densidade populacional .....</b>                                    | <b>75</b>  |
| <b>5.6.2</b> | <b>Frequência de cortes e aterros .....</b>                            | <b>76</b>  |
| <b>5.6.3</b> | <b>Frequência de pontos de lançamento de lixo .....</b>                | <b>76</b>  |
| <b>5.6.4</b> | <b>Taxa de solo exposto .....</b>                                      | <b>77</b>  |
| <b>5.6.5</b> | <b>Frequência de fossas nas encostas .....</b>                         | <b>78</b>  |
| <b>5.6.6</b> | <b>Frequência de pontos de vazamentos/lançamento de águas .....</b>    | <b>80</b>  |
| <b>5.6.7</b> | <b>Verticalização das construções .....</b>                            | <b>80</b>  |
| <b>5.6.8</b> | <b>Geomantas rompidas.....</b>                                         | <b>81</b>  |
| 5.7          | GEOLOGIA AMBIENTAL .....                                               | 82         |
| 5.8          | MEDIDAS MITIGADORAS .....                                              | 83         |
| <b>5.8.1</b> | <b>Retaludamento .....</b>                                             | <b>83</b>  |
| <b>5.8.2</b> | <b>Drenagem.....</b>                                                   | <b>84</b>  |
| <b>5.8.3</b> | <b>Vegetação .....</b>                                                 | <b>85</b>  |
| <b>5.8.4</b> | <b>Lixo .....</b>                                                      | <b>85</b>  |
| <b>5.8.5</b> | <b>Esgoto .....</b>                                                    | <b>86</b>  |
| <b>5.8.6</b> | <b>Secretaria de defesa civil.....</b>                                 | <b>87</b>  |
| 5.9          | ANÁLISES E DISCUSSÕES DA RELAÇÃO ENTRE EROSÃO E<br>DESLIZAMENTOS ..... | 88         |
| <b>6</b>     | <b>EROSÃO COSTEIRA .....</b>                                           | <b>90</b>  |
| 6.1          | PERFIS COSTEIROS .....                                                 | 92         |
| <b>6.1.1</b> | <b>Perfil Praia 1.....</b>                                             | <b>101</b> |
| <b>6.1.2</b> | <b>Perfil Praia 2.....</b>                                             | <b>102</b> |
| <b>6.1.3</b> | <b>Perfil Praia 3.....</b>                                             | <b>103</b> |
| <b>6.1.4</b> | <b>Perfil Praia 4.....</b>                                             | <b>104</b> |
| <b>6.1.5</b> | <b>Perfil Praia 5.....</b>                                             | <b>105</b> |
| <b>6.1.6</b> | <b>Perfil Praia 6.....</b>                                             | <b>106</b> |

|         |                                                                                   |            |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.7   | <b>Perfil Praia 7.....</b>                                                        | <b>107</b> |
| 6.1.8   | <b>Perfil Praia 8.....</b>                                                        | <b>108</b> |
| 6.1.9   | <b>Perfil Praia 9.....</b>                                                        | <b>109</b> |
| 6.2     | <b>GRANULOMETRIA .....</b>                                                        | <b>110</b> |
| 6.2.1   | <b>Significado dos parâmetros estatísticos dos sedimentos praias .....</b>        | <b>110</b> |
| 6.3     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES DA GRANULOMETRIA .....</b>                             | <b>111</b> |
| 6.3.1   | <b>Diâmetro médio .....</b>                                                       | <b>111</b> |
| 6.3.2   | <b>Selecionamento .....</b>                                                       | <b>112</b> |
| 6.3.3   | <b>Assimetria .....</b>                                                           | <b>112</b> |
| 6.3.4   | <b>Curtose.....</b>                                                               | <b>113</b> |
| 6.4     | <b>CONCLUSÕES SOBRE A GRANULOMETRIA .....</b>                                     | <b>113</b> |
| 6.5     | <b>GEOLOGIA AMBIENTAL .....</b>                                                   | <b>114</b> |
| 6.5.1   | <b>Campo de dunas.....</b>                                                        | <b>114</b> |
| 6.5.1.1 | <b>Destruição das dunas .....</b>                                                 | <b>114</b> |
| 6.5.1.2 | <b>Ordenamento dunar .....</b>                                                    | <b>117</b> |
| 6.5.1.3 | <b>Mitigação das dunas .....</b>                                                  | <b>117</b> |
| 6.5.2   | <b>Rede de drenagem de águas pluviais.....</b>                                    | <b>120</b> |
| 6.5.2.1 | <b>Mitigação da rede de drenagem de águas pluviais .....</b>                      | <b>121</b> |
| 6.6     | <b>RISCOS GEOLÓGICOS .....</b>                                                    | <b>122</b> |
| 7.1     | <b>GEOLOGIA: FORMAÇÃO BARREIRAS <i>VERSUS</i> SEDIMENTOS<br/>ELUVIONARES.....</b> | <b>125</b> |
| 7.2     | <b>EROSÃO DE ENCOSTAS .....</b>                                                   | <b>125</b> |
| 7.3     | <b>EROSÃO COSTEIRA .....</b>                                                      | <b>126</b> |
|         | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                           | <b>128</b> |
|         | <b>APÊNDICE A - PETROGRAFIA E CATODOLUMINESCÊNCIA.....</b>                        | <b>136</b> |
|         | <b>APÊNDICE B - ANÁLISES DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X.....</b>                          | <b>144</b> |
|         | <b>APÊNDICE C - FICHA CADASTRAL DAS ÁREAS DE ENCOSTAS<br/>DEGRADADAS.....</b>     | <b>153</b> |
|         | <b>APÊNDICE D - FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE<br/>PRAIAL .....</b>          | <b>155</b> |
|         | <b>APÊNDICE E - MAPA GEOLÓGICO PROPOSTO.....</b>                                  | <b>156</b> |
|         | <b>APÊNDICE F - MAPA GEOLÓGICO PROPOSTO COM PONTOS .....</b>                      | <b>157</b> |
|         | <b>APÊNDICE G - MAPA GEOMORFOLÓGICO .....</b>                                     | <b>158</b> |
|         | <b>APÊNDICE H - MAPA GEOMORFOLÓGICO COM PONTOS.....</b>                           | <b>159</b> |
|         | <b>APÊNDICE I - MAPA COSTEIRO COM PERFIS .....</b>                                | <b>160</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da cidade de Recife e a deficiência no planejamento urbano, influenciam nos processos geológicos erosivos, gerando impactos ambientais. Este trabalho propôs o estudo dos condicionantes geológicos-geotécnicos de erosão com o objetivo de definir os principais fatores geológicos-geotécnicos desencadeadores do processo erosivo, no município de Recife, PE. A compreensão da origem e evolução da erosão urbana, mais adequadas para o planejamento do uso do solo e sua ocupação.

Os processos erosivos ocorrem principalmente nas praias e nos morros, afetando construções e espaços utilizados pelas comunidades que residem, ou utilizam dessas áreas.

Nesta pesquisa foram caracterizados os principais parâmetros geológicos, geomorfológicos e antrópicos, que permitiram a identificação das áreas mais susceptíveis aos processos erosivos, bem como fornecer informações básicas aos órgãos públicos e incentivar futuros estudos no controle das erosões existentes, nas medidas preventivas e corretivas de combate à erosão.

A cidade de Recife mostra uma geologia bastante diversificada, com ocorrência de rochas cristalinas, rochas vulcânicas e sedimentares das Bacias Pernambuco e Paraíba, e também, sedimentos diversos friáveis e erodíveis. As áreas, de Recife, mais suscetíveis à erosão encontram-se ao oeste, nos solos eluvionares das encostas com maiores declividades e densidade demográfica; E também, ao longo da costa, nos sedimentos praias e dunares.

### 1.1 OBJETIVOS

Essa pesquisa teve como objetivo a identificação dos principais fatores geológicos e antrópicos que causam processos erosivos, com a finalidade de caracterizá-los e classificá-los, para elaboração de um diagnóstico da dinâmica erosiva, com a proposta de evitar a degradação ambiental da área e subsidiar critérios técnicos para identificar áreas susceptíveis aos processos erosivos da cidade de Recife.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Baseado nos levantamentos, dos pontos erosivos, foram criadas fichas detalhadas de cadastros baseadas na NBR11.682 de cada ponto e no fim do estudo gerou-se mapas em escalas de detalhes com pontos de riscos vistos e sugestões de medidas mitigadoras para correções dos processos erosivos.

- i. Levantamento, cadastramento e diagnóstico das principais erosões;
- ii. Identificação dos principais condicionantes geológicos e antrópicos;
- iii. Confecção de mapa geológico, mapa costeiro de perfis, mapa de pontos de risco das principais erosões.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

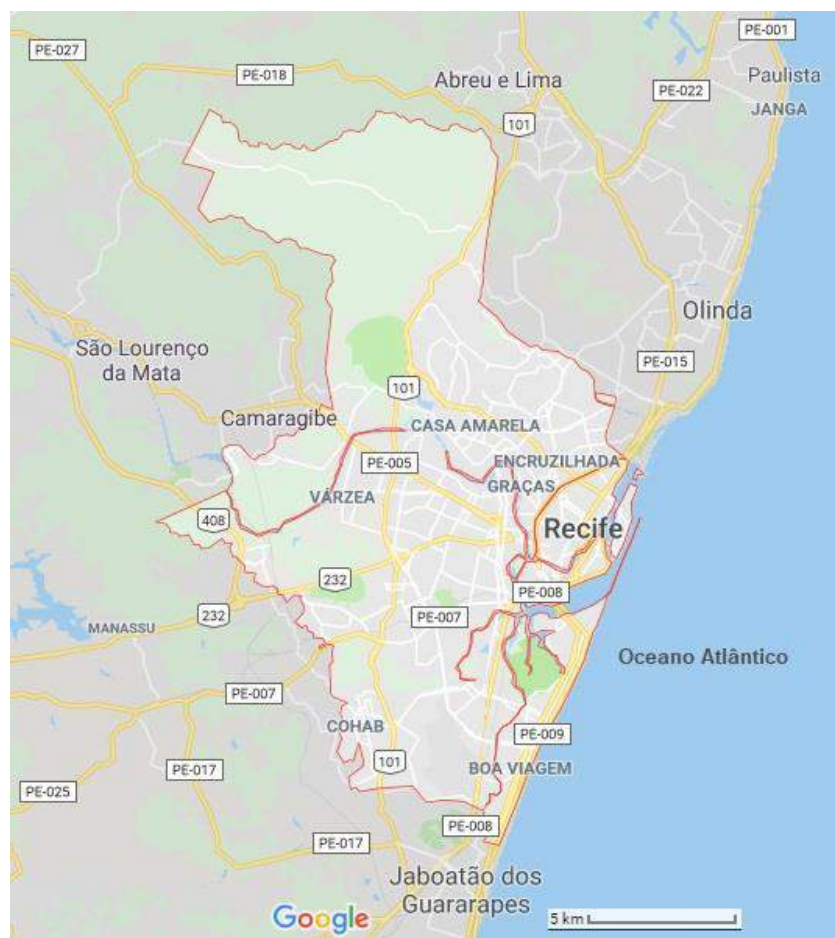
Seguem as seguintes particularidades.

### 2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Recife, capital do estado de Pernambuco, está localizada no NE do Brasil, possui uma área de 218,50 km<sup>2</sup> e está situada a 08° 04' 03" de latitude S e 34° 55' 00" de longitude W, limitando-se ao norte com o Município do Paulista, ao Sul com o Município de Jaboatão dos Guararapes, a Oeste com os Municípios de Camaragibe e São Lourenço da Mata, ao Noroeste com Abreu e Lima, ao Norte Nordeste com o Município de Olinda e a Leste com o Oceano Atlântico.

De acordo com o IBGE Cidades (2019), Recife conta com uma população estimada de 1.637.834 habitantes, o que representa uma densidade populacional de 7.039,64hab./km<sup>2</sup>.

Mapa 1 - Mapa ilustrativo da localização da cidade de Recife, PE.



Fonte: Modificado Google Maps (2019).

## 2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A área estudada está situada na sub-bacia Olinda, localizada entre as bacias Pernambuco e Paraíba. A Sub-Bacia Olinda é limitada a sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e ao norte pela Falha de Goiana. (TOPAN, 2017)

A diferenciação das duas bacias foi apontada por Lima Filho (1998), que definiu a Bacia Pernambuco como do tipo *rift*, situada entre o Z.C. Pernambuco e o Alto de Maragogi-Barreiros, enquanto a Bacia Paraíba como sendo uma bacia sedimentar homoclinal, situada entre o ZCPE e Alto de Touros. Esta definição da Bacia Paraíba, todavia, foi redefinida por Barbosa (2004), do Lineamento Pernambuco até o Alto de Mamanguape, por questões estratigráficas (LIMA FILHO *et al.*, 2005 *apud* TOPAN, 2017)

Especificamente, a porção *onshore* da Bacia da Paraíba está localizada no litoral do estado da Paraíba e parte do litoral do estado de Pernambuco, na Província Borborema. A bacia é limitada, a sul, pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e, a norte, pelo Alto de Mamanguape, um prolongamento da Zona de Cisalhamento Patos. A Bacia da Paraíba está sobreposta a rochas supracrustais, graníticas e ortognaisses, do paleo- ao neoproterozoico, que constituem os terrenos Rio Capibaribe (TRC), Alto Moxotó (TAM) e Alto Pajeú (TAP). A bacia teve sua evolução originada do rifteamento entre os continentes Sul-Americano e Africano. Este grande evento tectônico reativou as zonas de cisalhamento com *trends* NE-SW e E-W, durante o Jurássico Inferior e o Eo-Cretáceo, quando do início da quebra do Pangea. A Bacia da Paraíba se comporta como uma rampa estrutural que mergulha suavemente na direção leste, apresentando blocos falhados com baixo gradiente de rejeito. É dividida em três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri (LIMA FILHO *et al.*, 1998, 2005; BARBOSA *et al.*, 2003, 2004, *apud* TOPAN, 2017).

### 2.2.1 Bacia Pernambuco

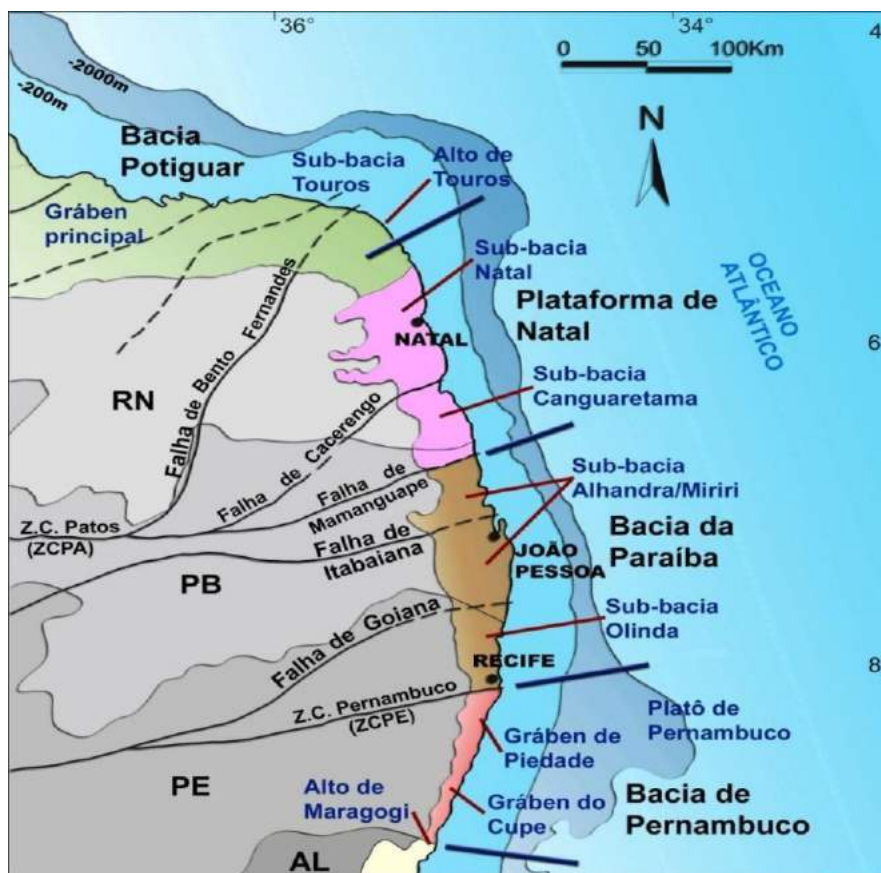
A coluna estratigráfica da Bacia Pernambuco inicia-se com a Formação Cabo, que compreende uma sequência *rift* de idade Aptiana-Albiana, composta de sedimentos típicos de sistema de leques lacustres, caracterizados por três fácies (LIMA FILHO *et al.*, 1988; CRUZ *et al.*, 2002; FRUTUOSO JR. *et al.*, 2002; CRUZ *et al.*, 2003, 2004 *apud* TOPAN, 2017). Intrudindo na Formação Cabo, a Suíte

Magmática Ipojuca é constituída, principalmente, por rochas vulcânicas à hipoabissais, com posicionamento sincrônico à sedimentação e falhamentos, ou subsequentes. Datações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de Nascimento (2003 *apud* TOPAN, 2017) indicam idade média de  $102\pm 2$  Ma, tendo o estágio *rift* na Bacia Pernambuco se estendido do Mesoaptiano ao Mesoalbiano (JARDIM DE SÁ 2003, 2004 *apud* TOPAN, 2017). Em discordância angular, tem-se sobreposta, a Suíte Magmática Ipojuca, os carbonatos e rochas siliciclásticas da Formação Estiva (Cenomaniana-Santoniana), compondo a sequência transgressiva do estágio *drift*. Também em contato discordante (correlacionado ao limite K-T), ocorrem as rochas siliciclásticas da Formação Algodoads, afossilífera, atribuída ao Paleógeno com base em dados de traços de fissão em apatita (JARDIM DE SÁ, 2003 *apud* TOPAN, 2017). Esta formação é representativa da sequência *drift* regressiva no continente. As rochas que constituem esta formação compreendem conglomerados polimíticos ou, mais restritamente, mono a diamíticos, assim como arenitos e argilitos intercalados, que constituem as fácies de canal fluvial e de planície de inundação de um sistema fluvial entrelaçado a meandrante (CRUZ *et al.*, 2003 *apud* TOPAN, 2017). A Formação Algodoads é capeada, em discordância erosional, pela Formação Barrerias, que é constituída de depósitos de leques costeiros e sistemas fluviais, predominantemente, entrelaçados e provenientes do continente, e com idade Mioceno-Plioceno (ARAÚJO *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2006; MABESOONE *et al.*, 1972; SUGUIO *et al.*, 1986; VILAS-BÔAS *et al.*, 2001 *apud* TOPAN, 2017). Sobrepostos à Formação Barreiras, encontram-se sedimentos quaternários representados pela Formação Pós-Barreiras (ROSSETTI *et al.*, 2011 *apud* TOPAN, 2017).

### 2.2.2 Bacia Paraíba

A estratigrafia da Bacia Paraíba é iniciada pela Formação Beberibe, descrita primeiramente por Kegel (1955 *apud* TOPAN, 2017), e formalizada por Beurlen (1967 *apud* TOPAN, 2017). Estende-se de forma erosional e discordante sobre o embasamento cristalino (NÓBREGA & ALHEIROS, 1991 *apud* TOPAN, 2017), delineando-se por uma camada de argila branca caolinítica. É composta de uma sequência arenosa, de granulação grossa a fina, mas selecionada, com coloração variando de cinza clara a creme, tendo, na base, o predomínio de leitos arenosos conglomeráticos (DANTAS *et al.*, 1980 *apud* TOPAN, 2017).

Mapa 2 - Mapa das relações entre as bacias costeiras de plataforma de Recife a Natal.



Fonte: Barbosa (2006, modificada *apud* TOPAN 2017).

No sentido da plataforma, os litotipos citados intercalam-se com os sedimentos transgressivos da Formação Itamaracá, essa definida, primeiramente, como uma sequência de calcarenitos (Kegel *et al.*, 1953), e marcada por frequente interdigitação com fácies marinha, representada pela Formação Beberibe. (KEGEL, 1955 *apud* TOPAN, 2017) A Formação Itamaracá possui idade neo-campaniana a eo-maastrichtiana, (BEURLIN 1967; TINOCO, 1971; BARBOSA *et al.*, 2004, 2007; SOUZA *et al.*, 2006 *apud* TOPAN, 2017). Descrita por Nóbrega & Alheiros (1991) como parte da formação corresponde um pacote sedimentar bem estratificado, formado por arenitos finos de coloração creme, além de siltitos cinza esverdeados, com manchas avermelhadas, e ricamente fossilífero (incontáveis conchas de bivalves mal preservados), caracterizando um ambiente lagunar. São reconhecidas as fácies supramesolitoral e fosfática sedimentar, marca de um depósito de superfície de inundação máxima (TINOCO & SIQUEIRA 1976; AMARAL *et al.*, 1997; MENOR & AMARAL, 1979; SOUZA, 1998, 2006 *apud* TOPAN, 2017).

A Formação Gramame foi primeiramente observada por Oliveira (1940) pelas ocorrências de calcários margosos do vale do Rio Gramame, ao sul de João Pessoa, PB. Hoje entende-se que a Formação Gramame retrata o estágio de instalação definitiva da transgressão marinha durante o Cretáceo (MENOR *et al.*, 1977 *apud* TOPAN, 2017). Encontra-se em contato gradacional ou interdigitado sobre sedimentos siliciclásticos e distais da Formação Beberibe (NASCIMENTO, 2003 *apud* TOPAN, 2017). A mudança para os calcários da Formação Maria Farinha, limite superior, é marcada por contatos gradacionais (MENOR *et al.*, 1977 *apud* TOPAN, 2017). Depositada durante o Maastrichtiano, a Formação Gramame é caracterizada por calcários margosos e margas sem influência siliciclásticas, depositados em plataforma rasa com baixa ou moderada energia e sob a ação periódica de tempestades (NASCIMENTO, 2003 *apud* TOPAN, 2017).

Oliveira (1940) denomina de Formação Maria Farinha os calcários fossilíferos encontrados ao norte de Recife. A Formação Maria Farinha repousa diretamente sobre a Formação Gramame, sem nenhuma discordância ou hiato, mergulhando para leste e mostrando uma suave ondulação no sentido N-S (OLIVEIRA & RAMOS, 1956 *apud* TOPAN, 2017). A porção basal está em contato com a Formação Gramame através de “calcário vidro”, de cor creme, homogêneo, compacto, utilizado como uma camada-guia (KEGEL, 1955 *apud* TOPAN, 2017). Sobreposta a Formação Maria Farinha, encontra-se em contato discordante erosional a Formação Barreiras, com a maioria das camadas são constituídas de material silico-argilosos, com predominância de areias quartzosas, arcoseanas e argilas, às vezes, com ocorrência de seixos, como citado anteriormente. Geomorfologicamente, é dominada por tabuleiros costeiros de grande extensão recortados por grandes vales de rios na zona costeira proximal.

Com relação às estruturas tectônicas, a área do Recife apresenta-se cortada por falhas pré-cambrianas, parcialmente reativadas durante o Cretáceo e atualmente estabilizadas.

Pela interpretação em fotografias aéreas, imagens de radar e dados da literatura, além das observações de campo, foi possível identificar três direções principais de falhamentos: O Lineamento Pernambuco de direção E-W, falhas normais de direção NE-SE associadas à abertura do Oceano Atlântico, que formam um escalonamento de blocos em direção à plataforma continental e falhas de transcorrência, de direção NW-SE, que propiciaram a formação de uma depressão

(*rift*) a sul do Lineamento Pernambuco, dando origem à Bacia Cabo. (ALHEIROS *et al*, 1995)

## 2.3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA

### 2.3.1 Clima

A cidade de Recife apresenta um clima litorâneo úmido, influenciado por massas tropicais marítimas.

A área de estudo encontra-se dentro da faixa de clima do tipo As', pela classificação de W. Köppen, caracterizado como clima tropical chuvoso, com verão seco e estação chuvosa, que se adianta para o outono, antes do inverno.

A localização latitudinal de Recife, confere-lhe temperaturas estáveis ao longo do ano, com amplitude térmica anual de no máximo 5°C.

Observa-se que entre os meses de março à agosto, há um período chuvoso concentrado, com médias mensais maiores que 150mm. Este período é considerado de alerta para a Secretaria de Defesa Civil de Recife. As precipitações máximas mensais são registradas nos meses de maio, junho e julho, com médias mensais maiores que 300 mm de chuva. O período que vai de setembro a fevereiro apresenta em média baixa precipitação pluviométrica mensal. Especificamente no município de Recife, o total médio anual de precipitação é de 2.243mm. (SUDENE, 1990, *apud* BANDEIRA, 2010)

#### Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é um índice utilizado para definir o teor de umidade do ar através do vapor d'água contido na atmosfera. As médias mensais da umidade relativa do ar, no Recife, oscilam entre 74% e 86%, com média anual de 80%. (MANSO, *et al*. 2018)

#### Ventos

A direção predominante dos ventos na RMR é de sudeste. A velocidade anual dos ventos oscila entre 2,3m/s e 3,4m/s, com média anual de 2,9m/s. No regime de

inverno, a incidência maior de direção permanece a SE, com velocidades médias elevando-se para a faixa de 5,0 a 6,1m/s. No verão, a predominância é caracterizada pelos ventos alísios, ventos do quadrante, e as velocidades neste quadrante ficam em torno de 5,2m/s.

O regime de ventos em toda região costeira caracteriza-se por ser bastante regular, sazonal, soprando em 90% do tempo do setor E-SE, com velocidades médias de 3 à 5m/s.

Os ventos alísios de sudeste e as brisas marinhas exercem grande influência nas condições climáticas da área, ora minimizando, ora maximizando os efeitos térmicos advindos da insolação. (MANSO, *et al.* 2018)

### **2.3.2 Hidrografia**

A Hidrografia da cidade do Recife se desenvolveu essencialmente sobre ilhas e áreas alagadiças e, por esta razão, encontra-se naturalmente sob a influência das águas. O sistema hidrográfico que banha a planície da cidade do Recife é composto basicamente pelas bacias hidrográficas dos rios Tejipió (Jordão e Pina), Beberibe e Capibaribe.

O processo de formação, crescimento e desenvolvimento econômico da cidade está, em muito, vinculada à relação da cidade com os rios. A grande quantidade de água que lhe entrecorta responde diretamente por sua formação fisiográfica.

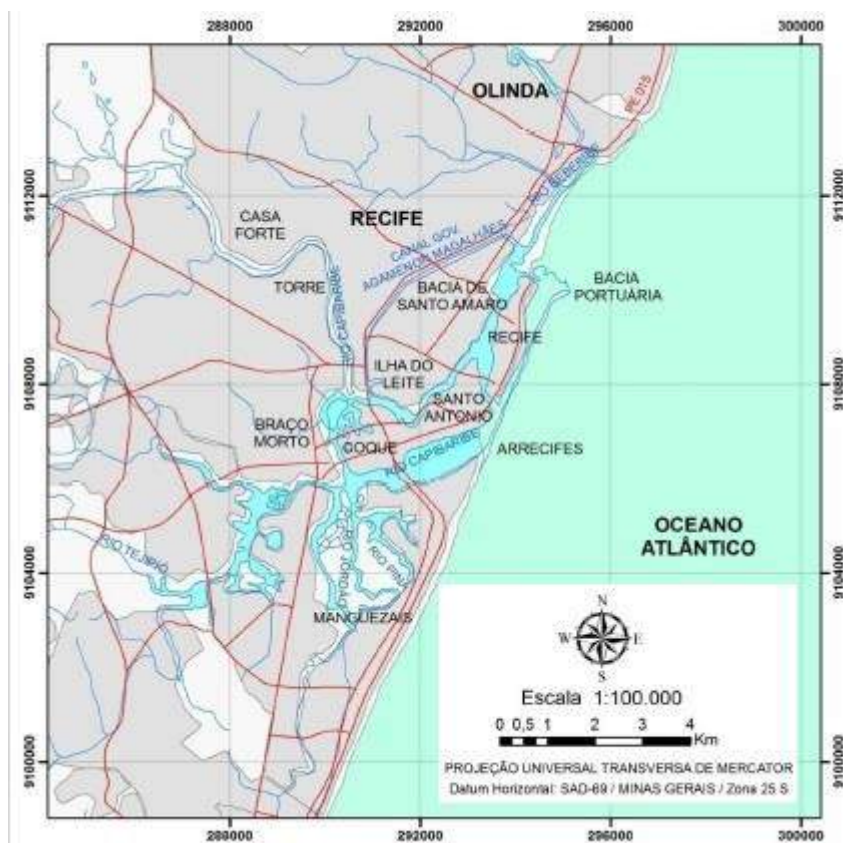
O Rio Capibaribe tem sua nascente no agreste do Estado de Pernambuco, na Serra de Campos, município de Jataúba e Poção, no semiárido pernambucano, e percorre uma extensão de aproximadamente 280,0 km até chegar à sua foz na cidade do Recife. (GOIS, 2011) De acordo com Pfaltzgraff (2007), barrando o curso desse rio encontram-se várias barragens, construídas para controle das suas cheias e para o abastecimento de água. Tais barramentos são responsáveis pela diminuição da vazão e da carga de sedimentos transportados por esse rio e seus afluentes.

Com uma extensão de pouco mais de 20,0 km, o Rio Beberibe tem sua nascente no município de Camaragibe a partir do encontro dos seus dois formadores: o rio Pacas e o rio Araçá. Sua bacia hidrográfica mede cerca de 80,0 km<sup>2</sup> e abrange os municípios de Recife (65%), Olinda (21%) e Camaragibe (14%). (GOIS, 2011)

O Rio Tejipió nasce no município de São Lourenço da Mata, na Região Metropolitana do Recife, e tem apenas 20,0 km de extensão. O Rio Tejipió recebe

uma forte contribuição dos rios Jordão e Pina, e funciona como divisa entre os municípios de Recife e Jaboatão. (GOIS, 2011)

Mapa 3 - Mapa do Sistema hidrográfico que banha o Recife, composto pelos Rios Tejiú, Beberibe e Capibaribe.



Fonte: Modificado de Gois (2011), p. 36.

### 2.3.3 Geomorfologia

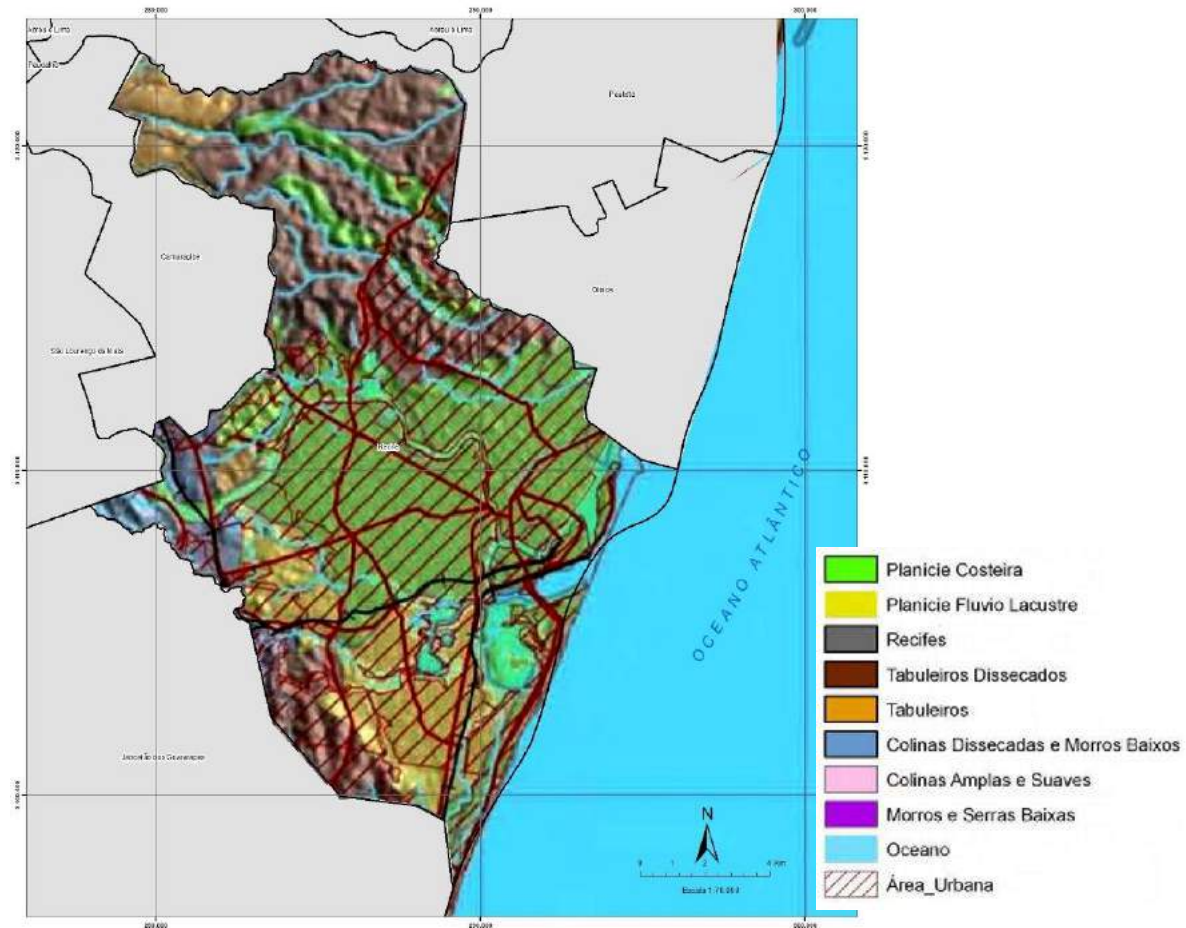
O relevo da área de estudo é caracterizado por uma quebra pronunciada entre a planície e os morros. Nas áreas de morros é possível encontrar altitudes de até: 100m em relação ao nível do mar. Na planície não são raras as regiões em que os terrenos estão cotados abaixo do nível do mar.

Geomorfologicamente, a área está representada por pelo menos três componentes bem definidos: Planície, Tabuleiros, incluindo os dissecados, e Morros, que mostram uma planície flúvio-marinha circundada por morros cristalinos e tabuleiros dissecados de rocha sedimentares, na porção Norte-Noroeste.

No Recife, as áreas de tabuleiros estão presentes na porção noroeste e sudoeste da cidade, apresentando frequentemente superfícies relativamente planas

no topo, enquanto seus rebordos apresentam-se dissecados por uma importante rede de ravinas e por pequenos vales muito encaixados, o que lhes dá um aspecto festonado (GIRÃO, 2007 apud BANDEIRA, 2010).

Mapa 4 - Mapa Geomorfológico de Recife.



Fonte: Modificado de Pfaltzgraff (2007).

Foto 1 - Foto mostrando os morros das Regionais Nordeste e Noroeste, bairros Guabiraba e Macaxeira, respectivamente. Observa-se, na foto, que os morros estão nas formas de meias laranças, típicas de morros cristalinos.



Fonte: Autora (2019)

#### 2.6.4 Vegetação

No Recife, segundo Andrade Lima (1964, *apud* MANSO *et al.* 2018), boa parte do município está implantada na Zona da Mata, zona subsumida e parte na litorânea, subdividida em subzonas: marítima (praias e restingas) e de mangues, cada uma delas com seu povoamento característico:

- Zona da Mata (úmida): A vegetação que serviu para denominar a “Zona da Mata” a “Mata Atlântica” já foi totalmente removida, sendo substituída por vegetação secundária ou, ainda, e mais amplamente, pelo agro ecossistema cana-de-açúcar. É a floresta estacional *perenifolia* costeira que vegeta os tabuleiros e os morros esculpidos nos sedimentos da Formação Barreiras e nas rochas do embasamento cristalino, respectivamente, e a parte mais ocidental da planície associada principalmente à influência fluvial. É uma floresta em geral exuberante, composta de três estratos arbóreos de densidade variável, um arbustivo escasso e um herbáceo, presente em áreas com mais penetração de luz. Na cidade de Recife o remanescente desse tipo de floresta é a “Mata de Dois irmãos” com cerca de 370 ha. Nessa área se localiza o horto zoobotânico de mesmo nome e o açude da Prata, manancial com cerca de

30.000m<sup>2</sup> de área. Nos tabuleiros da Formação Barreiras, que margeiam a planície, também ocorrem vestígios da antiga Mata Atlântica, onde se destacam árvores de grande porte e copadas.

- Zona Litorânea:

- 1) Marítima - A vegetação desta subzona é constituída pelas algas oceânicas, vulgarmente conhecidas como sargaço que são arrancadas do substrato e que vêm à praia por força das ondas.
- 2) Praia – É o primeiro nível continental emerso sujeito as inundações diárias pelas marés altas. Pode apresentar-se sem povoamento por vegetais superiores ou conter uma vegetação restrita a algumas *halófitas* e *xerófitas* rastejantes ou de pequena altura.
- 3) Restinga e terraços litorâneos – Logo após a praia, onde houve grande influência marinha das transgressões/regressões do quaternário formaram-se restingas fósseis e terraços litorâneos.
- 4) Mangues – Na zona litorânea onde a influência marinha co-atua com a influência fluvial dos rios Capibaribe, Beberibe e Jordão, pelas suas embocaduras, ou nas áreas de planície onde se faz sentir as oscilações das marés.

### 2.3.5 Oceanografia

Serão apresentadas informações gerais que traduzem o atual estágio de conhecimento, com respeito a dados oceanográficos, da plataforma continental interna adjacente do litoral de Pernambuco.

#### Regime de marés

As marés para o litoral sul do Estado de Pernambuco são monitoradas através de poucas estações maregráficas. O seu regime é do tipo mesomaré, de acordo com a classificação de Hayes (1979, *apud* MANSO *et al.* 2018)). A forçante astronômica é o principal mecanismo de resposta das marés, de modo que as forçantes não astronômicas aperiódicas, de origem meteorológica, são pequenas comparadas à primeira no litoral. A maré apresenta característica do tipo semidiurna com períodos

aproximados de 750 minutos e apresentam duas preamares e baixa-mares por dia lunar. O período médio entre um conjunto preamar/baixa-mar é de 12,42 horas com característica de curva sinusoidal. No Porto do Recife as marés medidas apresentam altura média de 1,67m, com alturas médias de sizígia de 2,07m e alturas médias de quadraturas de 0,97m (MCT/UFPE, 2010 *apud* MANSO *et al.* 2018).

### Salinidade e temperatura

A salinidade e a temperatura das águas da plataforma continental adjacente à Zona Costeira demonstram, de uma maneira geral, ciclo sazonal bastante definido.

As águas que cobrem a plataforma continental apresentam temperatura superficial de 27,0°C à 28,7°C. Da superfície até a profundidade de 50m, a temperatura é praticamente constante, iniciando-se um decréscimo a partir de 60-70m, que coincide com a borda da plataforma e início da termoclina. COSTA (1991 *apud* MANSO *et al.* 2018).

A salinidade também apresenta um ciclo sazonal semelhante à temperatura. Valores mais elevados foram observados em períodos secos, máximo de 37,16 enquanto valores mais baixos ocorrem no período chuvoso, mínimo de 28,8. Esses valores, do mesmo modo que a temperatura, apresentam flutuações próximas à costa devido a influência do aporte dos rios costeiros.

### Sistemas de correntes

Os sistemas de correntes que afetam a sedimentação e consequentemente a morfologia costeira são três tipos diferentes e geradas por diferentes agentes dinâmicos: as correntes de deriva litorânea, que surgem quando as ondas não atingem perpendicularmente o litoral, o que resulta em um transporte paralelo à costa; as correntes de maré, produzidas pela diferença de altura da maré e as correntes geradas pelo vento, as quais não são tão regulares como as correntes de maré. (MANSO *et al.* 2018)

Tratando-se de uma região submetida a um regime de mesomaré, as correntes de maré exercem influência substancial no modelamento costeiro, principalmente

quando estão associadas ao período de ventos alísios de SE e as marés de sizígia. Esta associação produz intenso processo erosivo em toda zona litorânea.

Conforme MANSO *et al.* (2018) ao longo do litoral de Recife e Jaboatão dos Guararapes os meses de dezembro e janeiro, época de estiagem, a precipitação pluviométrica mensal é inferior a 100mm. A intensidade média é inferior a 0,21m/s com picos de correntes de até 0,56m/s. Em maio, durante o período chuvoso, quando a precipitação pluviométrica mensal supera 300mm e a descarga fluvial aumenta, o padrão geral de circulação superficial na área costeira é mais regular, com correntes médias mais intensas, variáveis de 0,09 a 0,22m/s, e máximas de até 0,64m/s. Próximo à costa, as correntes apresentam direção geral para NE, variando para NE-E nas áreas mais profundas e distantes da costa, tanto na preamar quanto na baixa-mar. Em agosto, os ventos SE são mais constantes e intensos (2,6 a 4,0m/s), o padrão geral de circulação superficial na área costeira é mais regular, com correntes médias mais intensas, variando entre 0,11 e 0,23m/s, e direcionadas em geral para N-NE durante a preamar e durante a baixa-mar, as correntes apresentaram-se menos intensas e direcionadas contra a costa no setor central, para SW no setor sul, e para N no setor norte da área. Próximo ao fundo, as correntes apresentam um padrão menos definido e mais variável, sobretudo na baixa-mar.

### Regime de ondas

De acordo com MANSO *et al.* (2018) o período de setembro a dezembro, a altura de onda significativa varia entre 0.85m a 2.62m e apresenta uma média de 1.57m. O período de pico da onda varia entre 5s e 15.38s e apresenta o maior pico e a maior média no mês de setembro com valores de 15.38s e 9.59s respectivamente.

O período entre os meses de janeiro e início de agosto, a altura de onda significativa varia entre 0.85m e 2.58m e o período de pico de onda entre 4.55 e 18.18m; Entre os meses de janeiro e abril, a altura de onda significativa máxima fica abaixo de 2m, já para os meses de maio a início de agosto, apresentam valores maiores que 2m. O maior valor de altura de onda significativa, 2.58m ocorre no mês de julho.

Com relação à direção de ondas estas se apresentam predominantemente de sudeste e leste, como os ventos predominantes da região. Os maiores valores de Hs

de ondas são observados no segundo semestre anual, com predominância de ondas provenientes de SE e S-SE.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa se baseou em duas etapas, trabalho de campo e laboratório. Entretanto, para se chegar aos objetivos desta pesquisa, também foram utilizadas imagens de satélite, para o planejamento dos trabalhos de campo.

Os trabalhos de campo, nas áreas de encostas e da região costeira, foram georreferenciados e com as devidas descrições geológicas e classificações das erosões ocasionadas pelos fatores geológicos e antrópicos. Essas classificações tiveram o registro fotográfico, e recolhimento de amostras, as quais foram de sedimentos costeiros, de solos e de rochas.

Etapas de campo:

As etapas de campo foram feitas de dois modos, de acordo com o tipo do estudo erosivo.

Processos erosivos de encostas:

A etapas de campo dos processos erosivos de encostas foram feitas com o acompanhamento e supervisão da Secretaria da Defesa Civil (SEDEC) da cidade de Recife. Foram vistos entre quatro a cinco pontos de cada regional determinada pela SEDEC. A SEDEC divide a cidade de Recife em seis Regionais (Norte, Nordeste, Noroeste, Oeste, Sul e Plana), e foram vistos pontos nas regionais cujas encostas apresentam processos erosivos e possíveis riscos geológicos urbanos.

Totalizaram, 36 pontos analisados e distantes de, no mínimo, dois quilômetros de cada um, de cada da regional. Nesses pontos, foram coletadas amostras de solos e de rochas, quando ocorreram.

Processos erosivos costeiros:

As etapas de campo dos processos erosivos costeiros foram feitas nos períodos de verão e inverno. No verão foram feitos percursos à pé para definir os pontos das praias de Boa Viagem, Pina e Brasília Teimosa, onde ocorrem erosões com a retirada de sedimentos, e também, locais em que ocorrem deposições de sedimentos, sejam naturais e, ou, artificiais, bem como os pontos com as intervenções antrópicas.

Após a etapa do percurso à pé, foram definidos nove pontos distribuídos por toda a faixa costeira para a realização de perfis costeiros, nos períodos de verão e de

inverno, que informaram a quantidade de sedimentos retirados e depositados pelo mar, com isso, geraram parâmetros para cálculos dos volumes positivos e negativos. Os perfis foram distribuídos transversalmente do calçadão da pós-praia até a linha d'água, sentido Oeste para Leste.

Desses nove perfis, cinco perfis (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub> e P<sub>8</sub>) apresentaram processos de deposição, e deles foram coletadas dezessete amostras costeiras, referentes às pós-praia, duna, praia e antepraia, para análises granulométricas. A granulometria indica se a pós-praia, praia e antepraia sofrem processos erosivos. Além disso, outros três perfis (P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>) possuem obras de engenharia costeira, e foram comparados com perfis realizados em 1998, antes da intervenção dessas obras.

Os perfis foram realizados de acordo com as tábuas de marés fornecidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM, Marinha do Brasil, para o porto do Recife, disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>.

As tábuas de marés referentes ao ano de 1998, também foram fornecidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM, através do canal “Fale Conosco”.

No laboratório, foram feitos estudos sistemáticos posteriores os quais foram:

- A análise granulométrica dos sedimentos costeiros;
- A análise de porcentagem de Carbonatos dos sedimentos costeiros;
- Difração de Raio - X para os sedimentos de encostas e com isso obter a determinação das rochas fontes, as quais originaram os solos estudados;
- Descrição de lâminas petrográficas, de rochas;
- Análise de Catodoluminescência.

### 3.1 SEDIMENTOS DAS ENCOSTAS:

Os sedimentos das encostas foram almofarizados e analisados no Difrátômetro de Raio-X (Klein & Dutrow, 2012), para determinação da rocha fonte do solo, no CompoLab, Laboratório de Materiais Compósitos e Integridade Estrutural do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco.

### 3.1.1 Difração de raio-x

Seguindo instruções de Klein & Dutrow, (2012) amostras foram analisadas seguindo a técnica de difratometria em pó.

A amostra foi moída (almofarizada) até a obtenção de um pó (fração argila) e disposta numa quantidade de aproximadamente 2g em um porta amostra com rebaixamento retangular. A *montagem da amostra em pó* idealmente assegurou que as partículas cristalinas estivessem com orientações completamente aleatórias, pois dessa forma, assegurou-se que a orientação fosse randomizada na duração de incidência dos raios-x.

Os parâmetros para as medições foram:

Tipo de medição: *Standard*

Scan axis:  $\theta/2\theta$

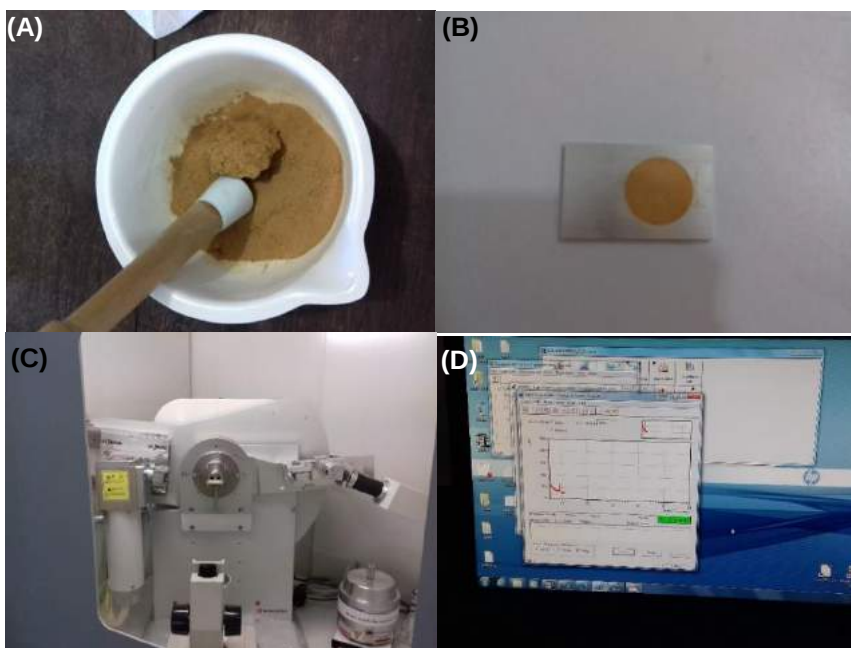
Faixa de Medição:  $5^\circ$  a  $60^\circ$  e Velocidade de medição  $1^\circ/\text{min}$

Voltagem: 40kV e Corrente 25mA

Fendas: DS:1 SS:1 RS:0,15

Os resultados foram fornecidos no formato Txt, e depois foram gerados difratogramas no *software* OrigemPro 8, e feitas as devidas interpretações.

Estampa 1 - Fotos da técnica de difratometria em pó. **(A)** Amostra sendo almofarizada, para obtenção da fração argila. **(B)** Montagem da amostra em pó, no porta amostra. **(C)** Difratômetro de Raio-X, XRD-7000, da SHIMADZU. **(D)** Resultado gerado em tempo real, no Programa PCXRD do Difratômetro de Raio-X.



Fonte: Autora (2019).

## 3.2 SEDIMENTOS COSTEIROS

As amostras analisadas foram obtidas em cinco perfis, totalizando 17.

### 3.2.1 Análises granulométricas

A análise granulométrica dos sedimentos foi baseada na metodologia adotada pelo Laboratório de Geofísica e Geologia Marinha (LGGM) da Universidade Federal de Pernambuco.

As amostras foram secas à temperatura ambiente, após isso, as amostras foram quarteadas e 100g foram retiradas para análise pelo método do peneiramento úmido e depois pelo peneiramento à seco.

As amostras peneiradas à úmido, colocou-se a peneira debaixo de uma torneira um pouco aberta e, com uma vareta, remexeu-se o sedimento até que a água saísse por baixo da peneira clara e transparente, depois levadas à estufa para secagem a uma temperatura da ordem dos 40°C a 60°C.

As amostras, depois, foram peneiradas à seco, para a análise granulométrica de sedimentos grossos, para uma análise rápida. Utilizou-se uma série de peneiras de  $\Phi$  em  $\Phi$ , isto é, peneiras com malhas de 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,250mm, 0,125mm e 0,063mm.

As peneiras foram colocadas em uma coluna e agitadas por um aparelho vibratório, designado de agitador de peneiras do tipo *rotap*, o qual imprimiu às peneiras movimentos de elevada frequência que viabilizaram a peneiração das partículas, com movimentos simultâneos verticais e horizontais.

O tempo de peneiramento foi de 10 minutos, em função do peso da amostra.

Após o peneiramento as amostras retidas, em cada peneira, foram pesadas.

A distribuição das amostras de sedimento em classes granulométricas foi efetuada estatisticamente através da utilização do programa SYSGRAN – Sistemas de Análises Granulométricas desenvolvido por Maurício Garcia de Camargo do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná e disponibilizado gratuitamente com a licença GNU no site <http://200.17.232.45/sysgran19>.

O SYSGRAN permite o cálculo dos parâmetros estatísticos através de alguns métodos gráficos. Nesse trabalho, foi utilizado o método padrão descrito por FOLK & WARD (1957), que é um método simples e eficaz. O SYSGRAN forneceu a média

(diâmetro médio), o selecionamento (grau de seleção ou desvio padrão), a assimetria, a curtose e suas classificações verbais.

Por fim, foi efetuado o cálculo de porcentagem (%) dos parâmetros granulométricos para o ambiente praial.

### **3.2.2 Carbonato total**

Também foram feitas análises de carbonatos por queima do Carbonato de Cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , com ácido Clorídrico (HCl) a 40%. Após a queima dos carbonatos as amostras foram lavadas três vezes com água destilada para serem secas em estufa. O percentual de carbonatos presentes foi calculado pela perda da massa que sofreu a amostra após a queima (SUGUIU, 1973).

## **3.3 PETROGRAFIA**

Após a coleta de amostras de rochas, essas foram descritas, macroscopicamente, e confeccionadas lâminas petrográficas, que foram estudadas no microscópio ótico de luz transmitida no Laboratório de Microscopia Óptica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A confecção das lâminas delgadas foram confeccionadas do Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco UFPE.

O estudo petrográfico teve como prioridade a identificação e descrição da mineralogia e microfeições presentes nas rochas estudadas. Dessa forma, foram feitas análises modais das seções delgadas, posteriormente, as proporções obtidas e sua classificação petrográfica.

## **3.4 CATODOLUMINESCÊNCIA (CL)**

Após as descrições petrográficas, as lâminas foram descritas na catodoluminescência para determinação da origem do quartzo presentes nas amostras de rochas sedimentares, bem como na identificação do cimento dessas rochas.

Foi utilizado o Laboratório de Catodoluminescência – CL, método de CL a quente (*Hot CL*), do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

## 4 ANÁLISES E DISCUSSÕES SOBRE A GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

De acordo com os trabalhos de campo e análises de difração de raio-X.

### 4.1 COMPLEXO BELÉM DO SÃO FRANCISCO (EMBASAMENTO CRISTALINO) (PP2bf)

Datado do Mesoproterozóico e localizado na Província Borborema, precisamente no Terreno Pernambuco-Alagoas (PEAL), o Complexo Belém do São Francisco segundo Santos (1995, 2000 *apud* GOMES, 2001) é formado por ortognaisses e migmatitos com restos de supracrustais. Predominam metaleucogranitos róseos e migmatitos que englobam restos de ortognaisses tonalíticos-granodioríticos e supracrustais do Complexo Cabrobó. Os migmatitos possuem estrutura tipo *schlieren*, nebulítica e *raft*, sugerindo anatexia *in situ*. (SANTOS, 2000 *apud* GOMES, 2001).

### 4.2 SUÍTE MAGMÁTICA IPOJUCA (K12lip)

Está caracterizada por basaltos, traque-andesitos e traquitos, riolitos, piroclásticas e o Granito do Cabo de Santo Agostinho. A SMI tem seus litotipos gerados a partir de dois magmas (básico e ácido), ambos de afinidade alcalina. (NASCIMENTO, 2003 *apud* TOPAN, 2017) A presença de camadas e derrames piroclásticos, juntamente com corpos hipoabissais (soleiras, diques, *plugs*, além de *plutons* epizonal), indica que o magmatismo foi contemporâneo ocorrendo, provavelmente por um curto espaço de tempo com a deposição dos sedimentos da Formação Cabo, na Bacia Pernambuco. (ALMEIDA *et al*, 2005 *apud* TOPAN, 2017). Com idade, através do método Ar-Ar de  $102 \pm 2$  Ma (JARDIM DE SÁ, 2003, 2004; NASCIMENTO, *et al.*, 2003 *apud* TOPAN, 2017).

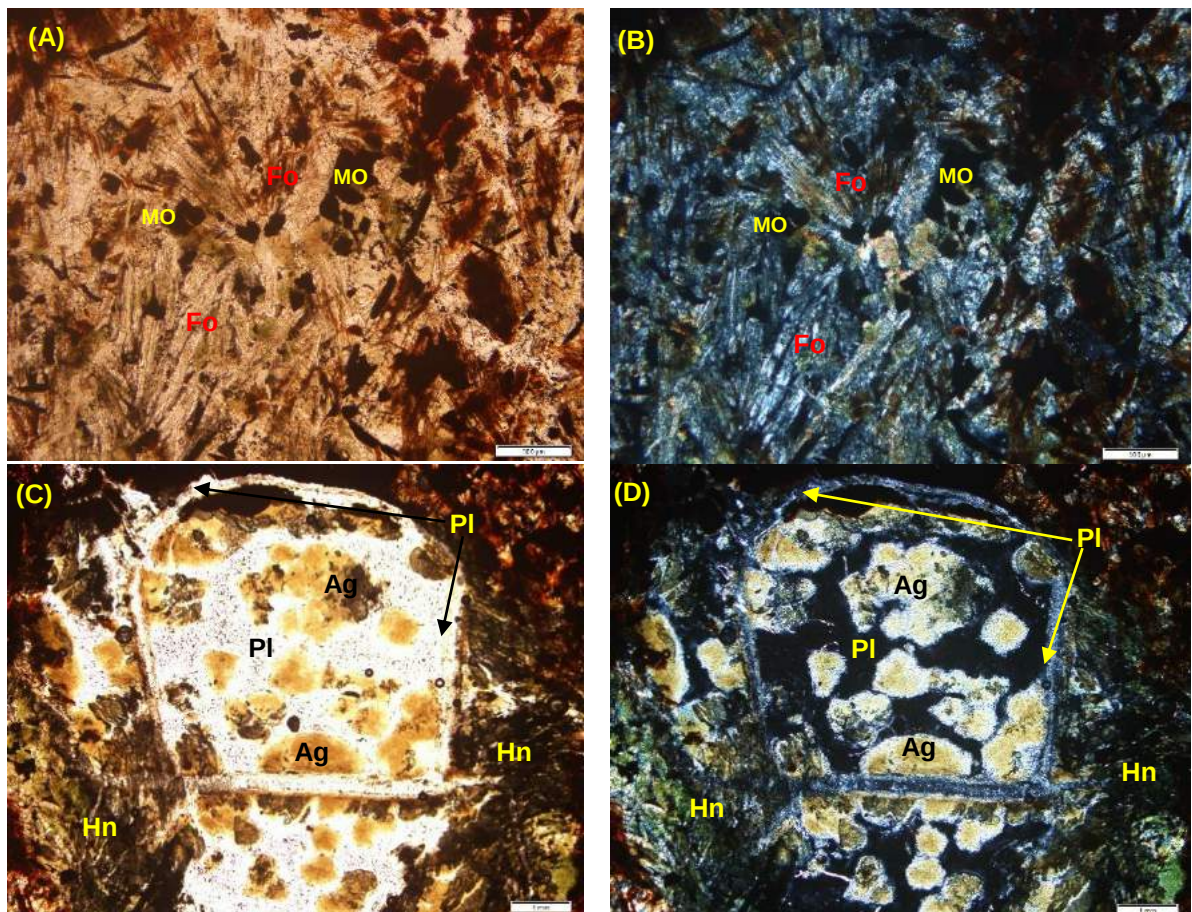
As rochas da SMI também fazem parte da seção *rift* da Bacia de Pernambuco e também as formas intrusivas rasas, a ocorrência de derrames e depósitos piroclásticos sugere que o magmatismo foi sincrônico à sedimentação *rift*. (NASCIMENTO *et al*, 2005 *apud* LIMA FILHO, 1994).

Rocha (1990 *apud* LIMA FILHO, 1994), advoga que o tipo mais comum de rocha dentro da suíte é o traquito, que pode ocorrer como derrames ou como diques. A rocha apresenta uma forma textural que pode variar entre muito fina, porfirítica e

amigdaloidal, sendo sua mineralogia formada por cristais alongados lembrando ripas de feldspato potássico, além de quartzo, albita, piroxênio, anfibólio e óxido de ferro, como resultado da alteração de minerais máficos.

Através de um testemunho de um poço artesiano, realizado no bairro de Boa Viagem, Recife, aproximadamente a 421m da praia de Boa Viagem, e de coordenadas 290888,32/9102234,71UTM, foi possível realizar a petrografia e verificando a ocorrência de gabro em sub-superfície (inédito).

Estampa 2 - Fotomicrografias de gabro (inédito), encontrado durante a perfuração de um poço artesiano em Boa Viagem, aproximadamente a 421m da praia de Boa Viagem, Coordenadas 290888,32/9102234,71UTM. Escalas 5µm. **(A)** Olivina magnesiânica, Forsterita (Fo) serpentizada, textura *spiniflex*, presença de minerais opacos (MO), que possivelmente são óxidos e hidróxidos de ferro, associados as cloro-fluor-apatitas de ambientes marinhos. Nicóis paralelos e 10x. **(B)** *Idem*, Nicóis Cruzados e 10x. **(C)** O plagioclásio (Pl) quase cristalizado é englobado pela augita (Ag) (piroxênio) e cristalizam juntos, formando uma textura ofítica. Hornblenda (Hn) (anfibólio) bordejam o plagioclásio. Nicóis paralelos e 10x. **(D)** *Idem*, Nicóis Cruzados e 10x.



Fonte: Autora, 2019.

### 4.3 FORMAÇÃO ALGODOAIS (K2ag)

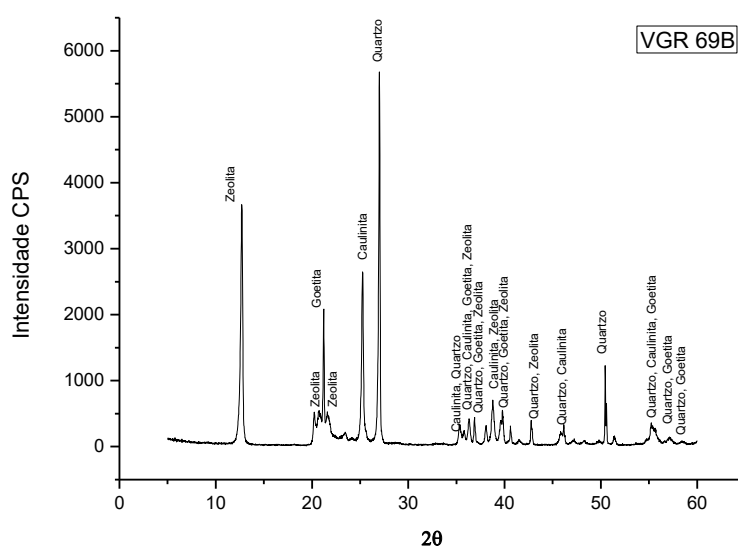
São conglomerados de idade coniaciana, pertencentes ao topo da Formação Cabo e sobrepostos aos calcários da Formação Estiva. (LIMA FILHO, 1994),

Lima Filho *et al* (1994) afirmou que foi depositada por processos de fluxos gravitacionais densos causados por eventos tectônicos de idade albiana, posteriores àqueles responsáveis pela deposição da Formação Cabo.

São conglomerados, arenitos e argilitos intercalados, com fragmentos e blocos de rochas vulcânicas, por vezes, com níveis argilosos e caulíníticos.

Um afloramento fundamental para o estudo da Formação Algodoads (K2ag) foi um talude localizado na Comunidade Barreiras, no bairro da Caxangá, Regional Oeste de Recife e de coordenadas 283029/9112116UTM. Foi observado no topo, um solo amarelado apresentando um bandamento com resquícios de blocos rochosos. No nível intermediário, uma inclusão de cor vermelha castanha, uma soleira concordante com o bandamento da base. Na base, níveis/bandamentos, alternados de cores variegadas nos tons amarelo, acastanhado e branco. Amostras foram coletadas para análises no DRX VGR 69B (base) e VGR 69D (soleira).

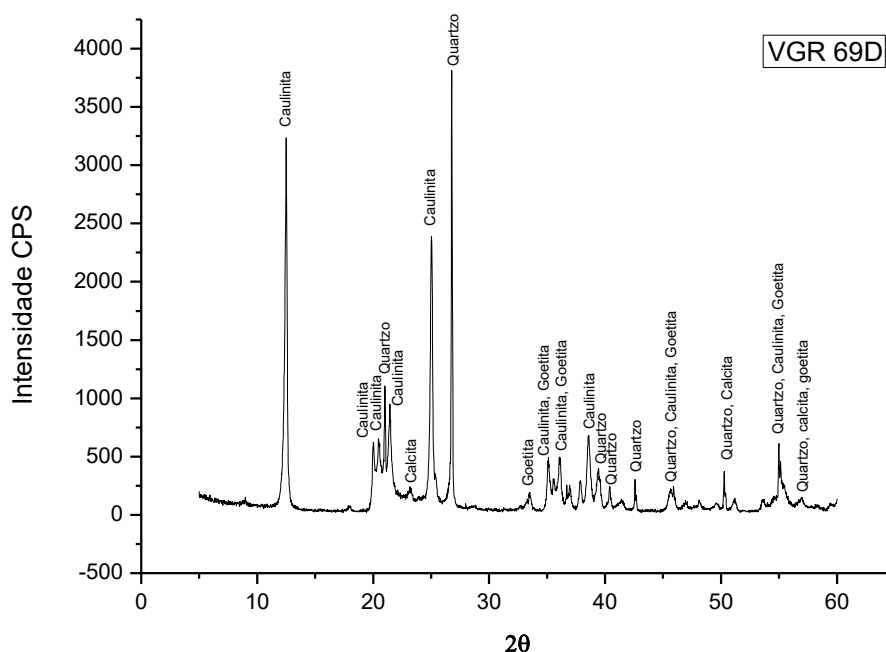
Difratograma 1 - Análise da amostra VGR 69B, através de DRX. Pela análise indica que o solo da base (bandamento) provém da Formação algodoads, uma vez que contém essencialmente quartzo, zeólita, goetita e caulinita. O Quartzo representativo no pico mais alto, seguido da zeólita, no difratograma. A goetita provém dos óxidos de ferro de derrames vulcânicos, e dá a coloração castanha e avermelhada. O bandamento de níveis argilosos também corroboram com litologia da Fm. Cabo. A análise indica solo intemperizado *in situ* de rocha com blocos vulcânicos e níveis argilosos e caulíníticos.



Fonte: Autora (2019).

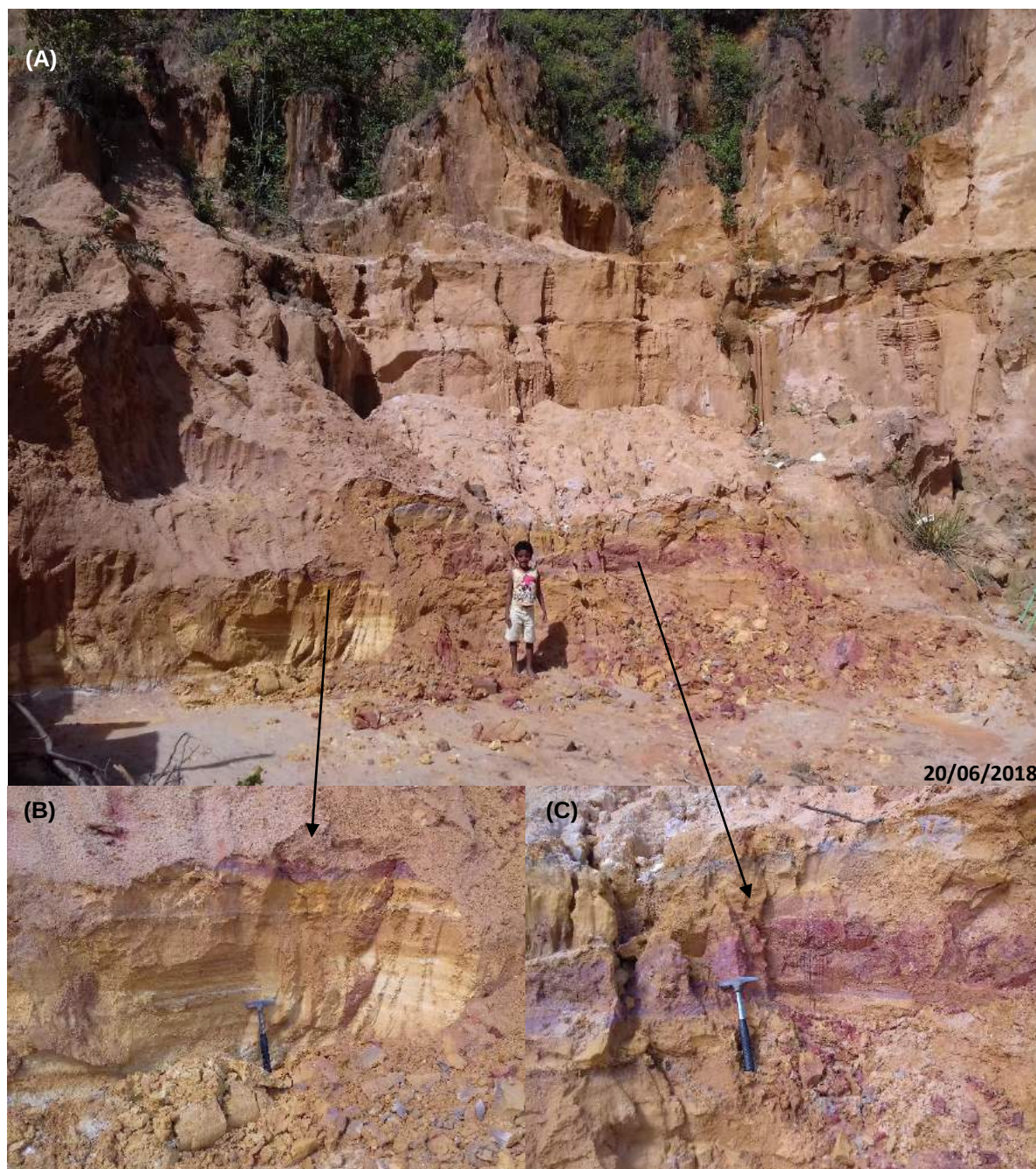
Esse afloramento sugere, que a base da encosta é uma rocha da Formação Cabo, com a intrusão de *sill* da Formação Ipojuca e a cima, no topo, a Formação Algodoads. Como o solo eluvionar da Formação Algodoads está mais espesso, propõe-se novos estudos e posteriormente, a inclusão desta litologia no mapa geológico, na região oeste de Recife, que também se estende ao município de Camaragibe.

Difratograma 2 - Análise da amostra VGR 69D, através de DRX. Pela análise indica que o solo é do *sill*, (Nível intermediário) provém de uma rocha mais ácida, uma vez que contém picos altos de quartzo e caulinita. A zeólita e goetita também ocorrem em picos mais baixos, sendo a goetita mais representativa das duas. A goetita provém dos óxidos de ferro de derrames vulcânicos, e dá a coloração castanha avermelhada. A análise indica solo intemperizado *in situ* de rocha vulcânica ácida, possivelmente um *sill* da SMI Ipojuca



Fonte: Autora (2019).

Estampa 3 - Talude localizado na Comunidade Barreiras, Caxangá, Regional Oeste. Coordenadas 283029/9112116UTM. **(A)** Observa-se no talude, no topo, um solo amarelado apresentando um bandamento com resquícios de blocos rochosos. No nível intermediário, uma inclusão de cor vermelha castanha, uma soleira concordante com o bandamento da base. Na base, níveis/bandamentos, alternados de cores variegadas nos tons amarelo, acastanhado e branco. **(B)** Detalhe dos bandamentos/níveis. Amostra coletada nesse ponto VGR 69B **(C)** Detalhe da soleira. Amostra coletada nesse ponto VGR 69D.

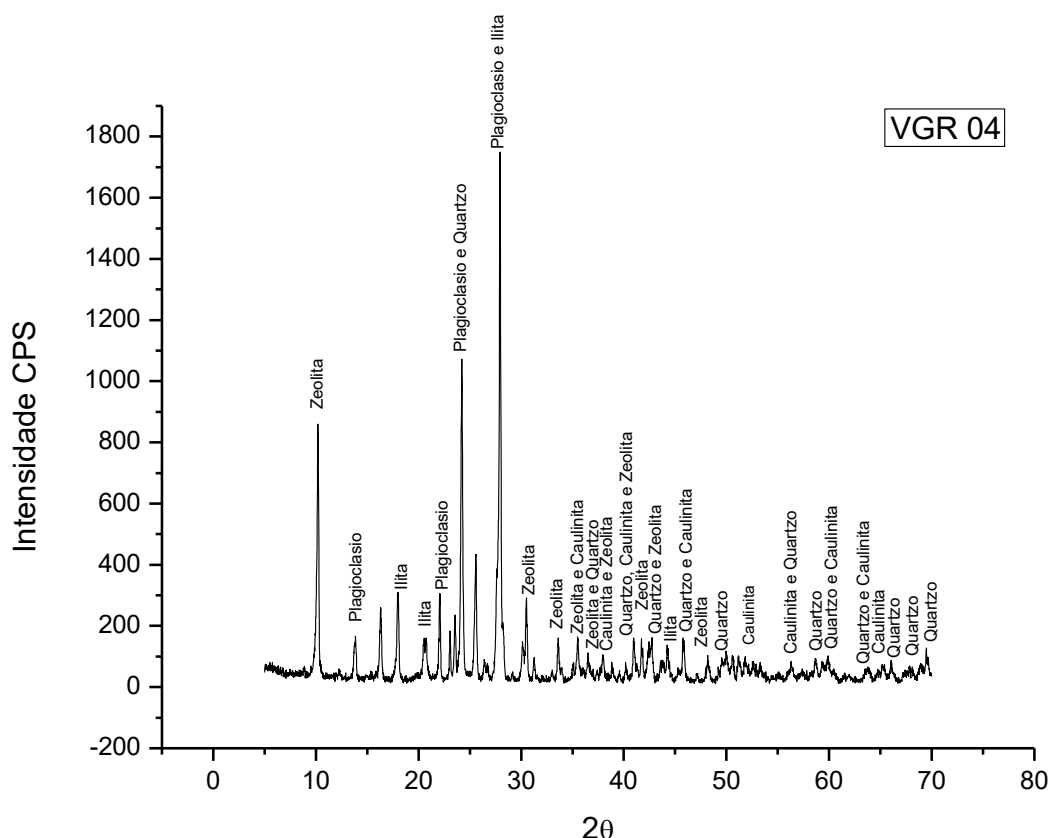


Fonte: Autora (2019).

Outro afloramento importante para o estudo da Formação Algodoads, se trata de uma encosta, na região oeste de Recife, é o VGR4, localizado no Jardim Teresópolis, no bairro da Várzea, de coordenadas 282115/9111960UTM. E a análise

realizada do solo, pelo Difrátmetro de Raio-X, indicou um solo proveniente de rocha vulcânica.

Difratograma 3 - Análise da amostra VGR 04, através de DRX. Pela análise de DRX, provavelmente, o solo da base provém da Formação algodoais, uma vez que contém essencialmente Plagioclásio, illita, zeólita e caulinita. O Quartzo representativo nos picos mais baixos do difratograma, pois o quartzo é uma impureza natural das argilas. A análise indica solo intemperizado *in situ* de rocha com blocos vulcânicos e níveis argilosos e cauliniticos.



Fonte: Autora (2019).

Os picos dos argilominerais ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) apresentados estão, em sua maior parte, combinados, formando a estrutura da Caulinita e Caulinita/Illita. A sílica ( $\text{SiO}_2$ ) é proveniente do Quartzo, que ocorre na forma de sílica livre e nos silicatos presentes na argila. A sílica livre, numa argila, determina a plasticidade e retração das argilas. O Quartzo é uma impureza natural das argilas e atua como um material não plástico no sistema água/argila.

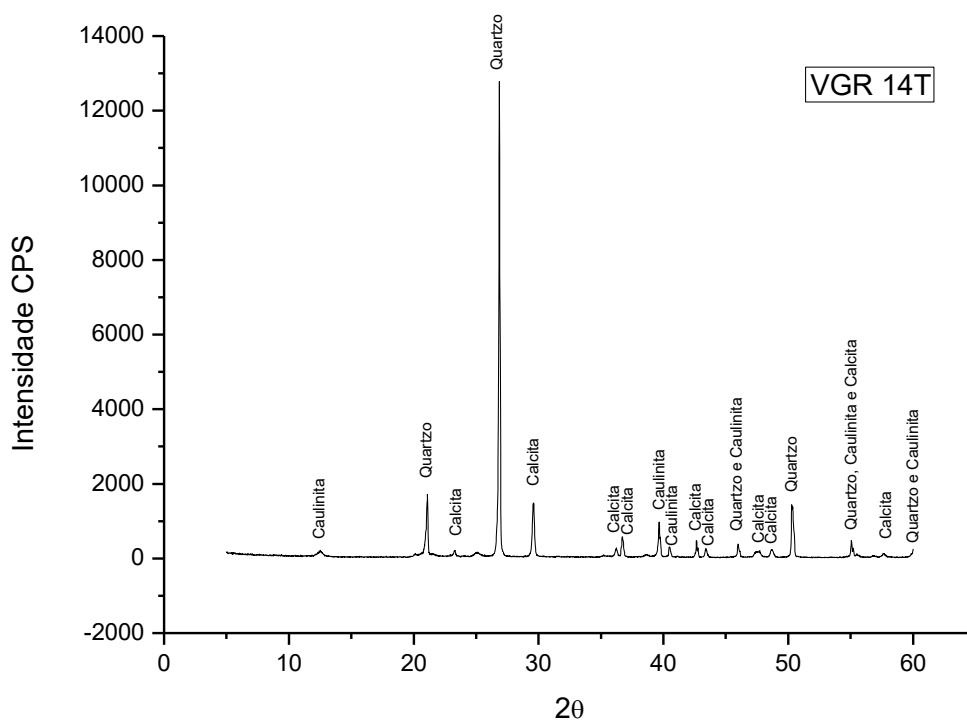
Os óxidos alcalinos ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) caracterizam a presença do Feldspato e Mica. No primeiro caso, do Feldspato potássico, e, no segundo, das Micas, provavelmente com a participação da Illita nas amostras. O  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$  respondem pelos carbonatos, sulfatos e a Esmeclita, em função dos picos de  $\text{MgO}$  mostrados.

#### 4.4 FORMAÇÃO BEBERIBE

Estende-se de forma erosional e discordante sobre o embasamento cristalino segundo Nóbrega & Alheiros (1991 *apud* TOPAN, 2017), delineando-se por uma camada de argila branca caulinítica. Composta de uma sequência arenosa, de granulação grossa a fina, mas selecionada, com coloração variando de cinza clara a creme, tendo, na base o predomínio de leitos arenosos conglomeráticos. (Dantas et al., 1980 *apud* TOPAN, 2017). A parte superior é composta, de acordo com Amaral (1977 *apud* TOPAN, 2017), de arenitos quartzosos, compactos, carbonáticos, de textura média a grossa. No sentido da plataforma, os litotipos citados intercalam-se com os sedimentos transgressivos da Formação Itamaracá.

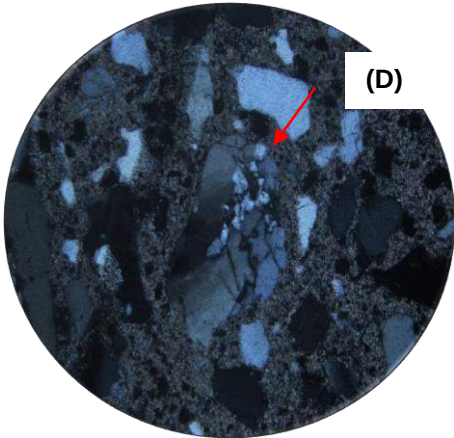
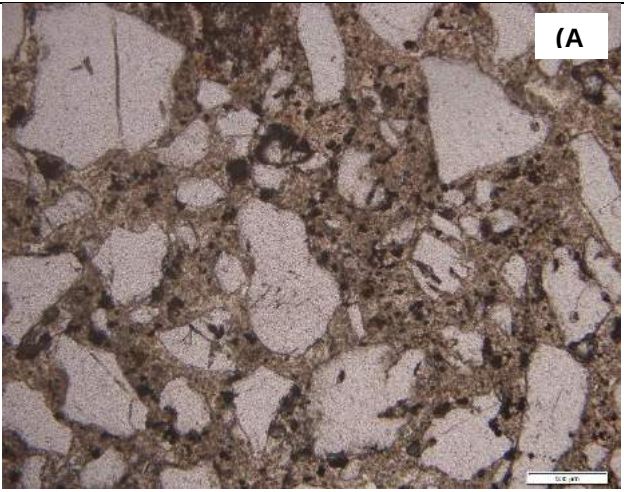
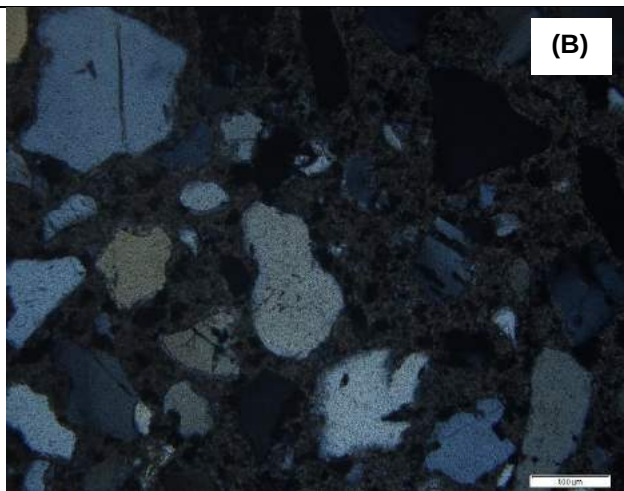
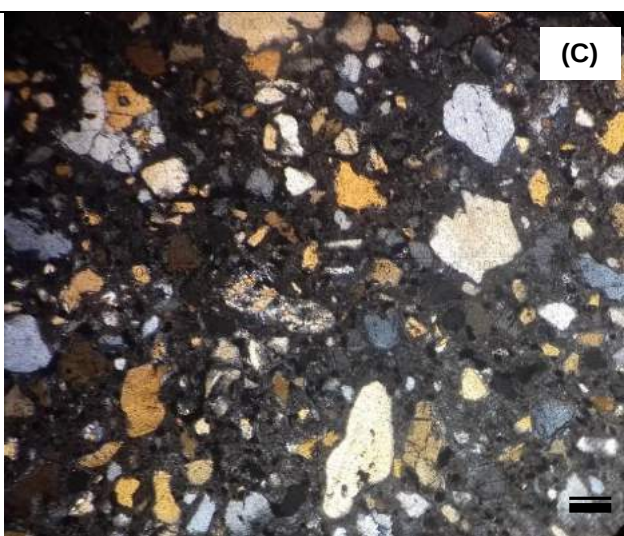
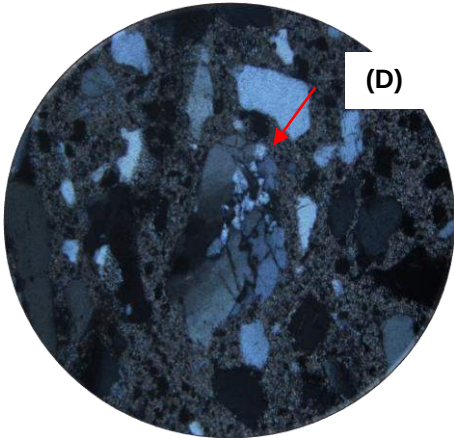
Duas grandes cunhas se formaram na Sub-bacia Olinda, onde essa formação possui maior espessura em situação oblíqua à margem, progradando dos flancos para o centro da Sub-bacia. (AMARAL *et al.* 1977 *apud* TOPAN, 2017).

Difratograma 4 - Análise da amostra VGR 14T, através de DRX. A análise indica um arenito arcoseno, uma vez que contém picos altos de quartzo, calcita e caulinita. Logo, sugere-se um arenito da Formação Beberibe.



Fonte: Autora (2019).

Quadro 1 - Descrição microscópica da amostra 14T, Formação Beberibe.

| Descrição microscópica da Lâmina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Microfotografias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Rocha composta por grãos de quartzo mal selecionados e soltos, na maioria estão com laterais retas gerando uma aparência de grão subeudrais, indício de crescimento secundário do quartzo <b>(A)</b> e <b>(B)</b>.</p> <p>Grande parte dos cristais de quartzo são subangulosos e apresentam golfos de corrosão (suturados) devido a sedimentação da caulinita <b>(A)</b> e <b>(B)</b>.</p> <p>Ocorrem pontualmente grãos policristalinos de quartzo (<i>overgrow</i>) <b>(D)</b>.</p>  <p>São observados também, feldspatos, clorita, biotita e sericita.</p> <p>Na CL, os quartzos azulados são de origem ígnea <b>(C)</b>.</p> <p>Porosidade intergranular.</p> |  <p><b>(A)</b></p>  <p><b>(B)</b></p>  <p><b>(C)</b></p>  <p><b>(D)</b></p> |
| <p><b>Polarização: (A) Nicóis paralelos (B) e (D) Nicóis cruzados (C) Catodoluminescencia Escala: 500µm</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>Nome da Rocha:</b> Arenito Arcoseano</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Fonte: Autora (2019).

#### 4.5 FORMAÇÃO GRAMAME (K2g)

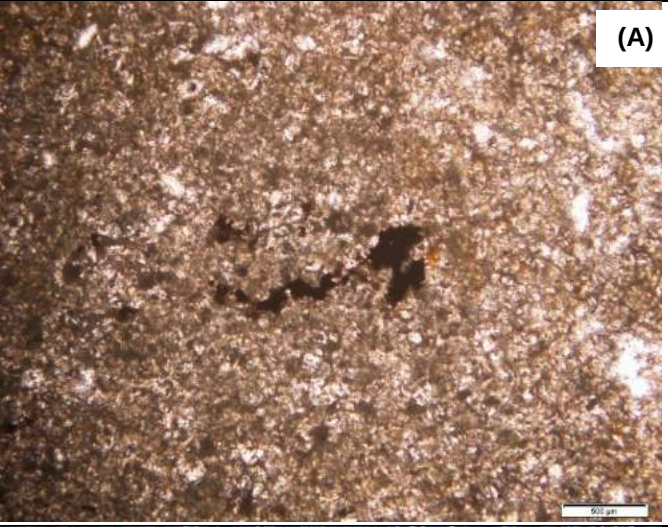
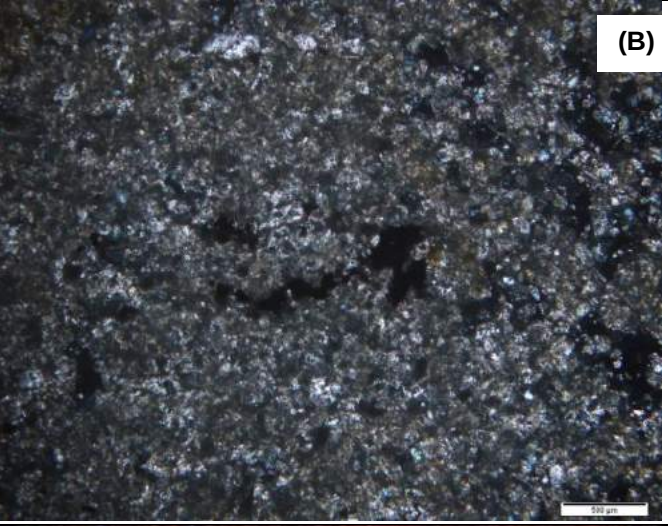
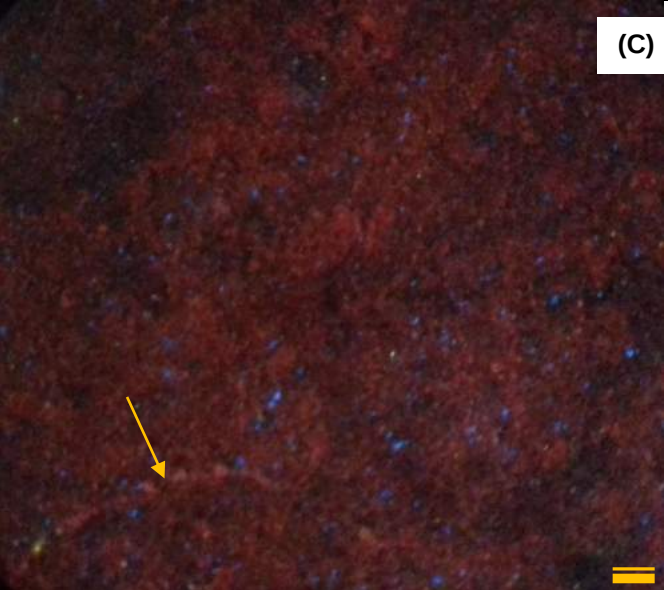
Retrata o estágio de instalação definitiva da transgressão marinha durante o Cretáceo. (MENOR *et al.*, 1977, *apud* TOPAN, 2017). Em contato gradacional ou interdigitado sobre sedimentos siliciclásticos e distais da Formação Beberibe. (NASCIMENTO *et al.*, 2003 *apud* TOPAN, 2017). Limitada inferiormente por uma superfície de inconformidade, que apesar de em vários locais parecer contínua devido a interdigitação entre o arenito calcífero e os horizontes fosfáticos da Formação Itamaracá. (MANSO *et al.*, 1992 *apud* TOPAN, 2017) A mudança para os calcários da Formação Maria Farinha, limite superior, é marcada por contatos gradacionais. (MENOR *et al.*, 1977 *apud* TOPAN, 2017)

Depositada durante o Maastrichtiano, a Formação Gramame, é caracterizada por calcários margosos e margas sem influência siliciclásticas, depositados em plataforma rasa com baixa ou moderada energia e sob a ação periódica de tempestades. (NASCIMENTO 2003 *apud* TOPAN, 2017) Os calcários da base são dolomíticos, aumentam gradualmente a razão calcita-dolomita da base para o topo da sequência (MENOR *et al.*, 1977 *apud* TOPAN, 2017).

A plataforma carbonática Gramame, também está restrita aos domínios da Bacia da Paraíba, sendo truncada a sul pela ZCPE, e a norte pelo Alto de Mamanguape. (BARBOSA 2008 *apud* TOPAN, 2017)



Quadro 2 - Descrição microscópica da amostra 14B, Formação Gramame.

| Descrição microscópica da Lâmina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Microfotografias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Rocha carbonática composta por calcita, dolomita, quartzo, feldspato, moscovita e pirita.</p> <p>A calcita é espática, cor branca.</p> <p>Dolomita ocorre na forma de romboedros brancos, dedolomitização.</p> <p>Moscovita é lamelar.</p> <p>A pirita framboidal e oxidada, chegando a formar goetita. A pirita é indício de um ambiente calmo e anoxo, sem O<sub>2</sub>.</p> <p>Na CL, os pontos azuis pálidos são quartzos de origem ígnea, e, os azuis brilhantes são os feldspatos.</p> <p>A parte alaranjada é a calcita, e a parte laranja mais escura é a dolomita, indício de dedolomitização.</p> <p>Porosidade móldica e interpartículas.</p> <p>É possível ver na CL restos de fósseis (ostracóide ou bivalve). Detalhe, seta amarela.</p> <p>Lama carbonática, micrito.</p> | <div data-bbox="762 322 1433 846"> <p>(A)</p>  </div> <div data-bbox="762 846 1433 1370"> <p>(B)</p>  </div> <div data-bbox="762 1370 1433 1957"> <p>(C)</p>  </div> |
| <p><b>Polarização:</b> (A) Nicóis paralelos (B) Nicóis cruzados (C) Catodoluminescência <b>Escala:</b> 500μm</p> <p><b>Nome da Rocha:</b> Micrito com bioclastos</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Fonte: Autora (2019).

#### 4.6 SEDIMENTOS ELUVIONARES (N4se)

Corresponde a uma sequência litológica muito heterogênea, formada por sedimentos arenosos, sedimentos silticos a argilosos, intemperizados, pouco consolidados e de colorações roxa, amarela e vermelha.

No interior dessa sequência, ainda se observam areias argilosas, silticas e arcoseanas, mal selecionadas, de cores variegadas, avermelhada, alaranjada, amarelada e esbranquiçada, formando camadas horizontais ou lenticulares, com pequenas discordâncias de erosão local, marcadas por leitos de seixos de quartzo. Apresentam características da rocha fonte, por serem originados *in situ*. Esse conjunto pode atingir dezenas de metros de espessura.

Muitas vezes o eluvião é constituído por fragmentos de minerais e rochas mais resistentes ao intemperismo e deixados *in situ*, enquanto que o material mais fino, siltico-argiloso, principalmente, é erodido.

Esse sedimento eluvionar, provavelmente, é proveniente do embasamento cristalino, Complexo Belém de São Francisco no sul (Bacia Pernambuco) e no Norte (Bacia Paraíba) de Recife, uma vez que foram encontradas, em campo, estruturas preservadas da rocha fonte no solo.

É possível que ao Sul de Recife, o solo eluvionar também seja originado das rochas da Província Magmática Ipojuca e das Formações Cabo e Algoduais, localizadas na Bacia Pernambuco.

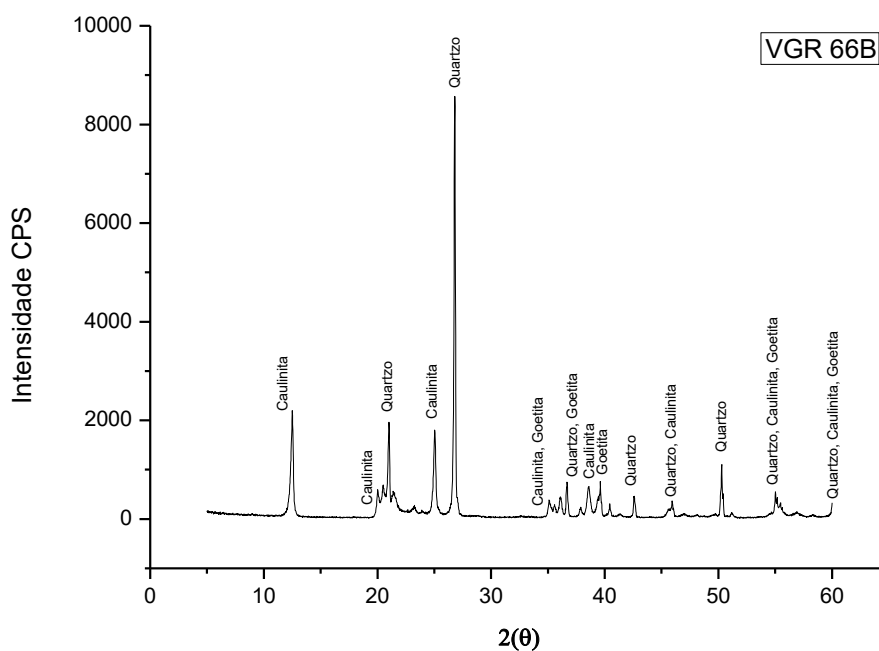
Como nesse estudo não se teve a oportunidade de datação, fica aberta a questão se os sedimentos são anteriores ou *sin-deposicionais* à Formação Barreiras no mapa sugerido. Fica a sugestão para estudos futuros.

Foto 3 - Talude localizado na Comunidade Pantanal, Cohab, Regional Oeste, Bacia Pernambuco. Coordenadas 284513/9103207UTM. Observa-se um granito do Complexo Belém de São Francisco intemperizado formando esse solo espesso, na base, de cor rósea. No meio do talude, solo de coloração acastanhada com resquícios de quartzo, já friáveis, que sugerem diques. E logo acima um nível de solo avermelhado que apresenta um bandamento alternado entre quartzo (cor mais clara) e minerais máficos (cor mais escura) na parte superior.



Fonte: Autora (2019).

Difratograma 6 - Análise da amostra VGR 66B, através de DRX.

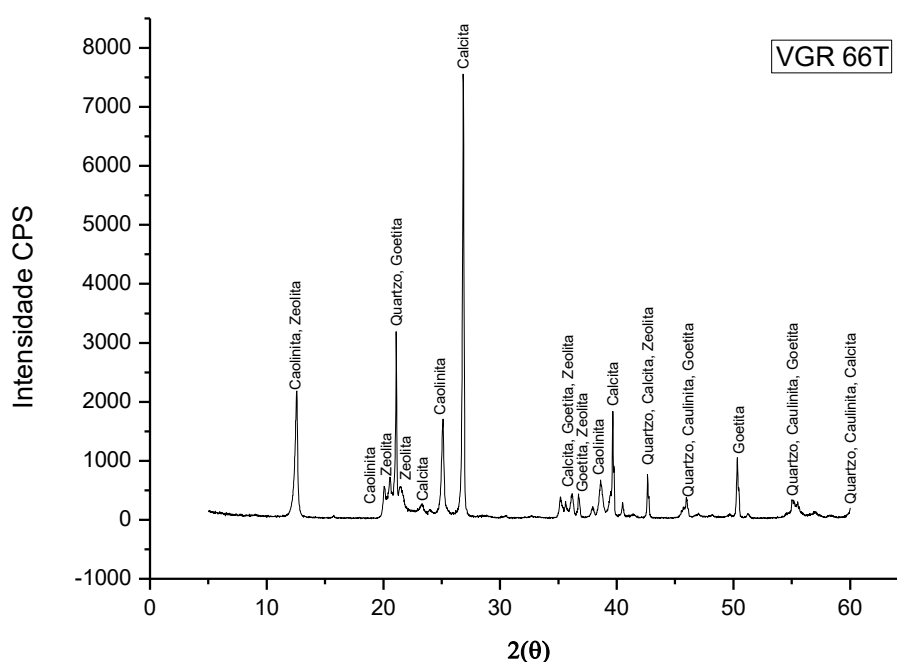


Fonte: Autora (2019).

A análise de DRX, da amostra VGR 66B indica que o solo da base provém do Complexo Belém do São Francisco, uma vez que contém essencialmente quartzo e caulinita. O Quartzo representativo no pico mais alto do difratograma, indício de solo intemperizado *in situ* de rocha cristalina.

Difratograma 7 - Análise da amostra VGR 66T, através de DRX. Amostra do nível intermediário, provavelmente provém da Suíte magmática Ipojuca, pois contém caulinita, quartzo, goetita, zeólita e calcita (proveniente de intensa sericitização). Além disso o intempérico residual, se caracteriza por um capeamento argiloso, resultante da alteração *in situ* de traquitos da Suíte Vulcânica de Ipojuca.

Constituindo uma morfologia típica, com colinas e suaves morros, resultando em um dos mais expressivos depósitos de material argiloso.



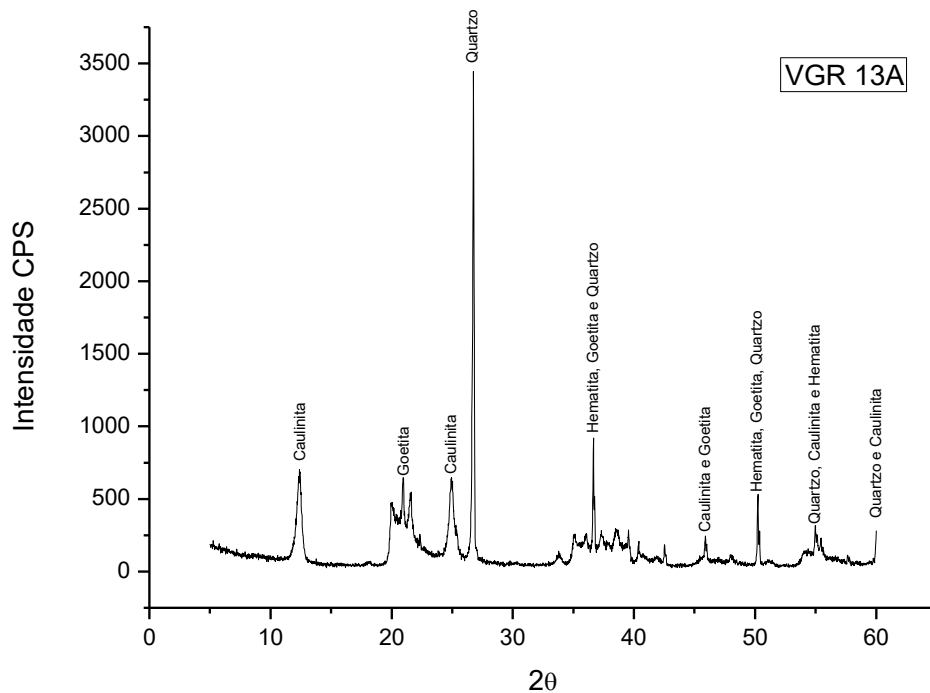
Fonte: Autora (2019).

Foto 4 - Talude localizado na Bomba do Hemetério (Barreirão da Bomba), Regional Norte, Bacia Pernambuco. Coordenadas 290724/9113006UTM. Observa-se, no topo um solo eluvionar espesso, róseo e laterítico. No meio (escorregamento), um solo branco e areno-siltoso, sugerindo um dique intrusivo numa rocha de cor escura. E na base, um solo avermelhado areno argiloso.



Fonte: Autora (2019).

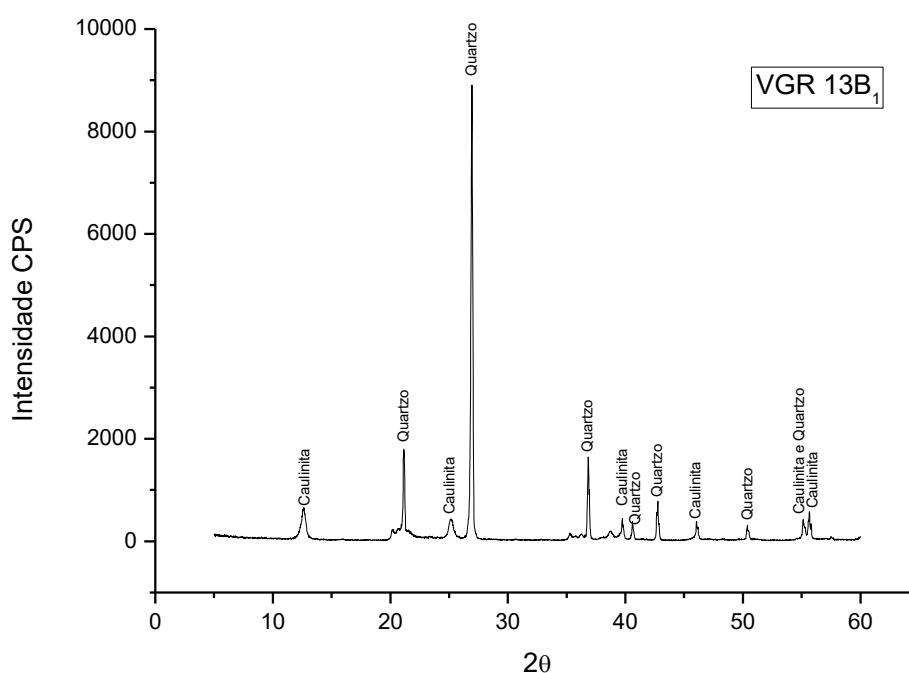
Difratograma 8 - Análise da amostra VGR 13A, através de DRX.



Fonte: Autora (2019).

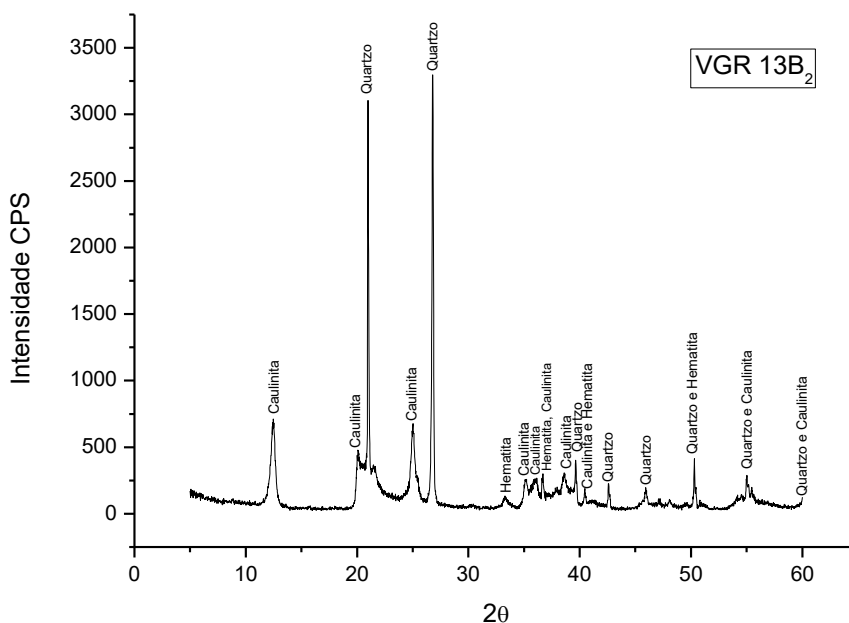
A análise da amostra VGR 13A, indica que solo do topo provém de uma rocha ígnea ácida, com picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos menores de goetita e hematita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita e hematita, resultantes da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.

Difratograma 9 - Análise da amostra VGR 13B<sub>1</sub>, através de DRX. A análise indica solo do intermédio do talude, provém de uma rocha ígnea ácida, com picos altos de quartzo e caulinita, um dique pegmatítico.



Fonte: Autora (2019).

Difratograma 10 - Análise da amostra VGR 13B<sub>2</sub>, através de DRX. Análise indica solo do intermédio do talude, provém de uma rocha ígnea ácida e composta por óxidos de ferro. Apresenta picos altos de quartzo, caulinita e hematita. A hematita dá a coloração cinza do solo.



Fonte: Autora (2019).

## 4.7 SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

### 4.7.1 Sedimentos de praia (N4lp)

São as areias quartzosas, de granulação que variam de muito fina a cascalho e de bem selecionadas a mal selecionadas. São os Neossolos, (EMBRAPA, 2006).

Formam a estreita faixa da atual zona de praia, que por sua vez representa a porção mais distal da planície costeira. Estes sedimentos encontram-se depositados entre a linha de baixa-mar e os terraços holocênicos ou pleistocênicos. Representam uma área permanentemente submetida a ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea, marés e ventos.

### 4.7.2 Arenitos de praia (*Beachrocks*) (n4rp)

Um dos traços morfológicos mais característicos do litoral recifense é a presença de linhas de arenitos paralelas à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de corais e de algas calcárias. Segundo, Manso et al. (2018),

constituem uma efetiva proteção ao litoral na medida em que absorve em torno de 70% da energia das ondas incidentes, mesmo estando completamente submersos; além de influenciarem de sobremaneira no contorno e dinâmica de sedimentação das praias.

Estes corpos rochosos, são geralmente cimentados por carbonato de cálcio, ocorrem apenas em regiões tropicais e subtropicais entre as latitudes de 35°N e 35°S.

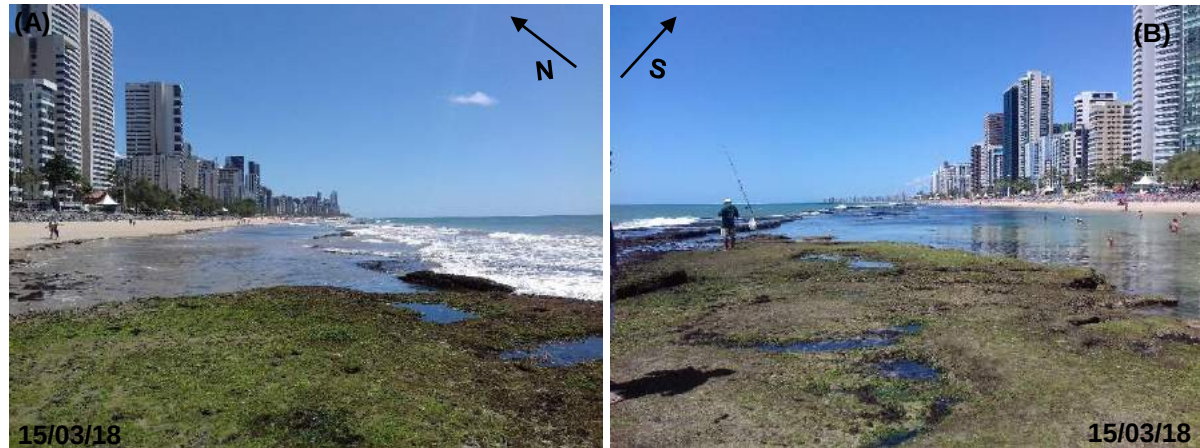
O seu ambiente de formação vem sendo discutido por vários autores e os primeiras pesquisas, que serviram de base para futuros trabalhos, devem-se a Darwin (1841) onde pela primeira vez é diferenciado dos “*recife coralíneos*” ao estudar ocorrências no litoral de Pernambuco, classificando-os como arenitos calcários (MANSO *et al.*, 2018).

Os *beachrocks* ocorrem sob a forma de corpos lineares, descontínuos, dispostos em linhas aproximadamente paralelas entre si e a atual linha de costa. O número de linhas variam, entre três a quatro, mas apenas uma, fica visível, a baixa mar, a segunda linha, quase sempre submersa e próximo à praia, e as demais praticamente submersas.

Os *beachrocks* mais próximos à praia são geralmente mais friáveis, sendo que alguns desses bancos, aparentemente, estão se formando atualmente.

Os *Beachrocks* são constituídos por grãos de quartzo e fragmentos de conchas, que formam a unidade *Recifes de Arenitos*; essas rochas se destacam principalmente ao longo das praias de Boa Viagem e Pina.

Estampa 4 - Fotos de *beachrocks*. Localização das fotos, em frente à Praça de Boa Viagem, esquina com a Avenida Barão de Souza Leão, coordenadas 290663/9100554UTM. Os *beachrocks* ocorrem sob a forma de corpos lineares, descontínuos, dispostos em linhas aproximadamente paralelas entre si e a atual linha de costa. O número de linhas variam, mas geralmente são visíveis, a baixa mar, duas ou três exposições, sendo a primeira quase sempre emersa e próximo à praia e as demais praticamente submersas ou parcialmente emersas.



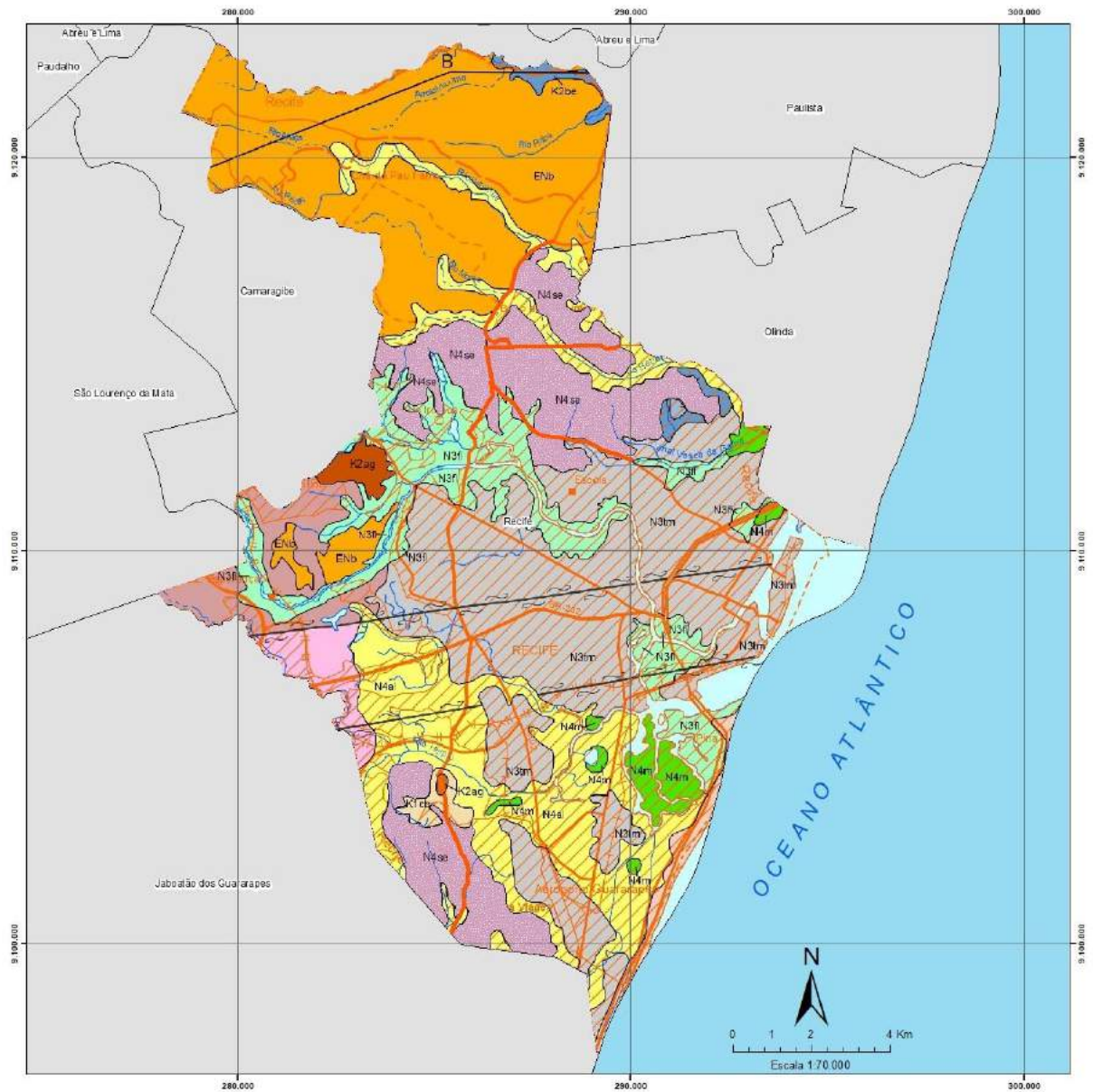
Fonte: Autora, 2019.

Figura 1 - Legenda do Mapa Geológico Proposto.

| Cenozóico           |                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N4al                | Sedimentos aluvionares - Areias, cascalhos e níveis de argilas.                                                                                                   |
| N4rp                | Recifes de arenito.                                                                                                                                               |
| N4lp                | Sedimentos de praia - Areias quartzosas, finas a grossas, bem selecionadas.                                                                                       |
| N4m                 | Sedimentos de mangue - Areias finas, siltes, argilas e material orgânico lamoso.                                                                                  |
| N3fl                | Sedimentos flúvio-lagunares - Areias, siltes, argilas, diatomitos e turfas.                                                                                       |
| N4tm                | Terraços marinhos holocênicos - Areias finas a médias, quartzosas, com fragmentos de conchas.                                                                     |
| N3tm                | Terraços marinhos pleistocênicos - Areias finas a médias, quartzosas.                                                                                             |
| N4se                | Sedimentos arenosos, sedimentos silteosos e argilosos, intemperizados, pouco consolidados e de colorações roxa, amarela e vermelha.                               |
| ENb                 | Grupo Barreiras - Arenitos argilosos com intercalações variadas silteico-argilosas e conglomeráticas.                                                             |
| MESOZÓICO           |                                                                                                                                                                   |
| K2ag                | Formação Algodoads - Conglomerados, arenitos e argilitos intercalados, com fragmentos e blocos de rochas vulcânicas, por vezes, com níveis argilosos, caulínicos. |
| K2g                 | Formação Gramane - Calcários argilosos, fossilíferos, margas e argilas, com horizontes fosfáticos interdigitando-se com arenitos calcíferos.                      |
| K2it                | Formação Itamaracá - Silteitos argilosos intercalados com arenitos finos a muito finos, arenitos médios a finos calcíferos e fosforito.                           |
| K2be                | Formação Beberibe - Arenitos grossos a conglomeráticos, por vezes finos, com níveis de arenitos maciços e restos de conchas.                                      |
| K12 <sup>Δ</sup> ip | Sulite Vulcânica de Ipojuca - Riofios (ri), traquitos (tq), traqui-andesitos (tqa), ignimbritos (ig), basaltos (bs), granito de Cabo de Santo Agostinho (grc).    |
| ri                  |                                                                                                                                                                   |
| tq                  |                                                                                                                                                                   |
| tqa                 |                                                                                                                                                                   |
| ig                  | basaltos (bs), granito de Cabo de Santo Agostinho (grc).                                                                                                          |
| bs                  |                                                                                                                                                                   |
| grc                 |                                                                                                                                                                   |
| K1cb                | Formação Cabo - Conglomerados polimíticos, arenitos grossos a conglomeráticos com níveis silteico-arenosos, silteitos, argilitos e folhelhos.                     |
| PALEOPROTEROZOICO   |                                                                                                                                                                   |
| PP2M                | Complexo Belém do São Francisco - Biotita ortogneisses tonalíticos/granodioríticos, migmatitos, metadioritos e anfibolitos.                                       |

Fonte: Modificado CPRM (2010).

Mapa 5 - Mapa Geológico Proposto.



Fonte: CPRM (2010), modificado pela autora (2019).

## 5 EROSÃO DE ENCOSTAS

O clima de Recife é tropical chuvoso (tipo As' a Ams' na classificação de Köppen), com precipitação total anual acima de 750mm e temperatura média do ar sempre superior a 18°C.

A umidade relativa do ar é alta, variando entre 79,2% e 90,7% nos meses mais chuvosos, entre abril e julho, chegando a atingir 100%. São características que favorecem o intemperismo químico das rochas graníticas e dos sedimentos feldspáticos, aumentando o conteúdo de argilas nos solos, o que leva a uma maior probabilidade de ocorrência de deslizamentos.

O solo de Recife é essencialmente areno-argiloso composto de caulinitas e ilitas provenientes do embasamento cristalino, e as rochas vulcânicas básicas têm como alteração, os filossilicatos de ferro e magnésio, dos grupos das esmectitas e cloritas, e com isso, solos argilosos expansivos. Soma-se também, areias acumuladoras de água dos arenitos da Formação Beberibe e os solos da Formação Gramame, que produzem argilas calcíticas e dolomíticas também expansivas.

A formação desses argilominerais nos solos tem um papel importante nas ocorrências de deslizamentos. Além disso, a instabilidade das encostas devido ao relevo maduro e a falta da cobertura vegetal também contribuem para os processos erosivos.

E também, a erosão urbana ocasionada pela ação antrópica, ocasionada pela alta densidade demográfica, sobre os tabuleiros dissecados morfologicamente instáveis e nos morros com encostas de declividade elevada, que induz diferentes processos de desestabilização, com erosão pronunciada nas camadas mais arenosas, e com deslizamentos naquelas mais argilas.

De acordo com o IBGE (2018), 38,1% dos recifenses tem a renda *per capita* mínima de ½ salário mínimo, que influencia na maneira como a população reside nos bairros da cidade, também, explica o fato de que grande parte da ocupação nos morros se dá de forma espontânea, ou seja, se dão geralmente a partir de invasões e de ocupações consentidas da terra.

Segundo Alheiros *et al.* (2004), esse tipo de ocupação ocorre de forma desordenada, já que os lotes são obtidos através de cortes para a criação de terreno plano, com lançamento do material cortado na borda da encosta, sem a compactação exigida para um aterro.

O solo removido e lançado sobre a encosta original apresenta alta porosidade e permeabilidade, favorece a infiltração da água no solo e, conseqüentemente, aumenta o risco de erosão e escorregamento. Quando as ocupações espontâneas ocorrem de modo rápido, criam-se vários focos de instabilizações numa mesma encosta, o que potencializa a possibilidade de ocorrência de acidentes.

Durante o estudo da erosão de encostas verificou-se as seguintes características predominantes das ocupações espontâneas:

- Ocupações desordenadas;
- Inexistência de reserva de áreas de servidão;
- Rede viária descontínua e sem hierarquização;
- Corte da barreira para criar terreno;
- Aumento do talude de corte para ampliação de terreno;
- Lançamento de aterro não compactado (bota-fora) na borda da encosta; remoção da vegetação natural;
- Árvores de grande porte no talude de corte e na crista da encosta;
- Baixo padrão construtivo das habitações;
- Inexistência de calhas, biqueiras e impermeabilização no entorno da casa;
- Inexistência de canaletas para a drenagem das águas servidas e pluviais;
- Inexistência de rede de coleta e estações de tratamento de esgotos;
- Fossa localizada na borda da encosta;
- Deficiência do sistema de coleta do lixo domiciliar;
- Obstrução da drenagem pelo lixo jogado sobre os taludes e canaleta.

Como é observado em Recife, os taludes de corte ou encostas naturais que apresentam problemas de estabilidade, e que podem causar acidentes, no dia-a-dia da Defesa Civil são definidos como pontos de risco, ou seja, uma análise local do problema voltada para as condições da barreira e da moradia, que possam gerar um acidente.

A atenção se volta para as evidências de erosão e de movimentos de massa como fissuras e fendas, ressaltos no terreno, rupturas de tubulações, inclinação de árvores, surgências de água, embarrigamento de muros, entre outros. A análise é feita

caso a caso e a solução deve ser indicada levando em conta o contexto geral da encosta, para evitar que a intervenção venha a induzir novos pontos de risco nas proximidades.

Na Região Metropolitana de Recife, segundo Gusmão Filho (1997 *apud* Bandeira, 2010), tem sido observado que os deslizamentos em solos, em sua maioria, não são profundos e a sua superfície de ruptura é translacional, paralela ao talude. Observações da variação de umidade e sucção, em perfis levantados no Alto do Reservatório, bairro do Recife (PE), mostraram que a diferença ocorre apenas nos primeiros 3,0 m de profundidade do solo, indicando ser esse o limite da frente de umedecimento e da superfície de ruptura (Lima, 2002 *apud* Bandeira, 2010).

Durante a pesquisa, também foram vistos movimentos de Rastejo, movimento descendente, lento e contínuo de solo nos taludes. Com uma deformação plástica e sem apresentar um desenvolvimento de uma superfície definida de ruptura.

Os locais mais perigosos são identificados simplesmente como “Ponto de risco” (ou “Ponto de alto risco”), e aqueles com alta probabilidade de ocorrência de acidente em curto prazo, identificados como “Ponto de risco eminente”.

A Secretaria de Defesa Civil do Recife, divide a região das encostas em cinco Regionais, Norte, Nordeste, Sul, Oeste e Noroeste.

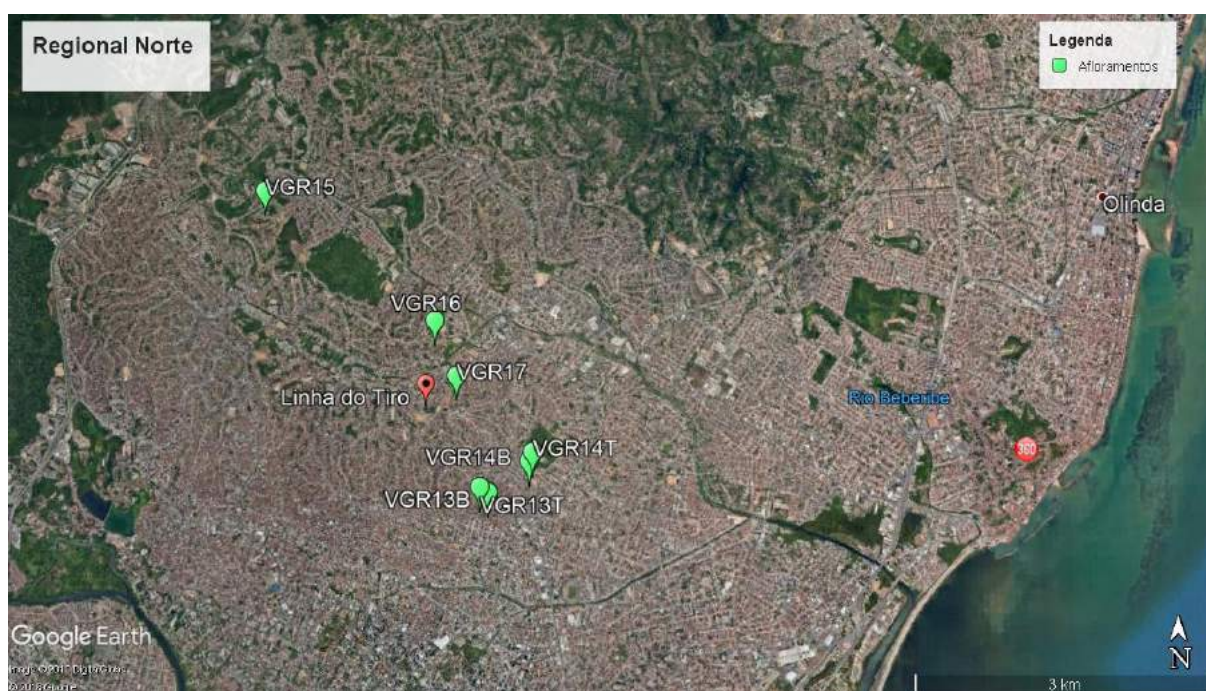
- Regional Norte: Passarinho, Guabiraba, Córrego do Jenipapo, Nova Descoberta, Passarinho, Brejo da Guabiraba, Dois Irmãos,
- Regional Nordeste: Bomba do Hemetério, Água Fria, Beberibe, Linha do Tiro, Porto da Madeira, Dois Unidos, Cajueiro, Fundão, Bomba do Hemetério e Alto Santa Terezinha.
- Regional Sul: Jordão, Cohab (Ibura de Cima) e Ibura.
- Regional Oeste: Cohab (Ibura de Cima), Coqueiral, Jardim São Paulo, Cohab, Várzea, Sancho, Totó e Caxangá.
- Regional Noroeste: Macaxeira, Alto José Bonifacio, Vasco da Gama, Mangabeira, Apipucos, Nova Descoberta, Morro da Conceição, Alto José do Pinho, Casa Amarela e Alto do Mandu.

## 5.1 REGIONAL NORTE

A geologia da Regional Norte são os sedimentos aluvionares, sedimentos de mangue, sedimentos arenosos provenientes do Embasamento Cristalino, Formação Gramame e Formação Beberibe.

Predominam solos residuais com camadas de cores variegadas argilosas e areias intercaladas (latossolos), camadas arenosas de cor creme (argissolos), solos areno-argilosos avermelhados (argissolos), solos argilosos castanhos (argissolos) provenientes do cristalino do Complexo Belém de São Francisco.

Mapa ilustrativo 1- Localização dos pontos de risco vistos na Regional Norte.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Dois pontos de risco que chamam a atenção é o Barreirão da Bomba e o Alto do Pereirinha.

### 5.1.1 Barreirão da Bomba

O Barreirão da Bomba tem o topo da encosta na localidade Alto do Pascoal, no bairro de Água Fria e a base da encosta no bairro da Bomba do Hemetério.

Apresenta Solos areno-argilosos avermelhados (*argissolos*) e argilosos castanhos (*argissolos*). E o movimento de ruptura é translacional.

O ponto já teve um acidente ocorrido, e aproximadamente três casas já foram retiradas. Apresenta vários problemas, entre eles, lançamentos de lixo dos moradores do Alto do Pascoal na encosta, solo exposto, vegetação inadequada para encostas, entulhos e material de colúvio provenientes de outros deslizamentos.

Mapa ilustrativo 3D 1 - Barreirão da Bomba, topo da encosta na localidade Alto do Pascoal, no bairro de Água Fria e a base da encosta no bairro da Bomba do Hemetério. Coordenadas Topo: 290642,51/9113059,39UTM e Base: 290724/9113006UTM.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Foto 5 - Topo da encosta, Barreirão da Bomba, na localidade Alto do Pascoal, no bairro de Água Fria. Coordenadas: 290642,51/9113059,39UTM. Vegetação inadequada, árvores de grande porte causam sobrecarga de peso, facilitando o deslizamento. A carrapateira é sinal de lixo acumulado na encosta e o solo exposto também contribuem para o risco de deslizamento.

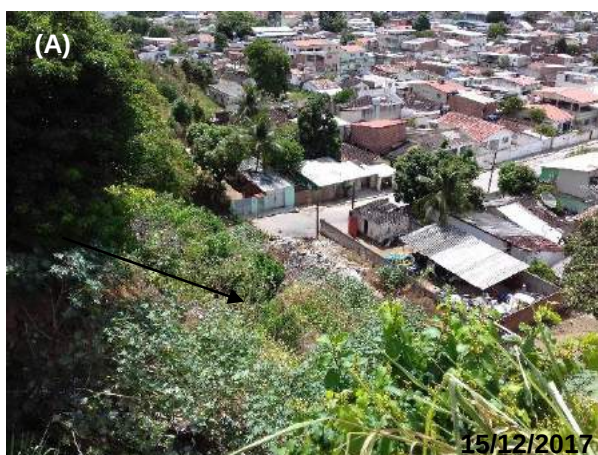


Lixo acumulado e carrapateiras

15/12/2017

Fonte: Autora (2019).

Estampa 5 - Barreirão da Bomba, na comunidade Alto do Pascoal, bairro de Água Fria. **(A)** Topo da encosta, Coordenadas: 290642,51/9113059,39UTM. **(B)** Base da encosta no bairro da Bomba do Hemetério. Coordenadas: 290724/9113006UTM. Local onde retiraram as casas.



15/12/2017



15/12/2017

Fonte: Autora (2019).

### 5.1.2 Alto do Pereirinha

O Alto do Pereirinha fica localizado no Bairro de Água Fria.

Apresenta solos argilosos de cor creme a cinza (*vertissolos*) e camadas arenosas homogêneas de cor creme (*neossolos*). Apresenta um movimento de rastejo, que também pode ser verificado na imagem de satélite.

O ponto já teve um acidente ocorrido, e casas já foram retiradas. Apresenta vários problemas, entre eles, lançamentos de lixo dos moradores do topo, solo exposto, vegetação inapropriada para encostas, entulhos e material de colúvio.

E de acordo com relato do engenheiro da Defesa Civil, na encosta ocorre uma falha, entretanto, devido a vegetação e o lixo não foi possível medir atitude e verificar o tipo de falha, mas, através da foto de satélite é possível constatar duas falhas ou fraturas indiscriminadas.

Mapa ilustrativo 3D 2 - Alto do Pereirinha, Água Fria. Coordenadas Topo: 291173/9113410UTM e Base: 291134/9113319UTM. Setas em vermelho são as falhas indiscriminadas, setas em amarelo indicam o movimento de rastejo. Os números indicam os locais das rochas da estampa 6.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Estampa 6 - Fotos das rochas encontradas do Alto do Pereirinha. **(A)** Argila calcítica expansiva. **(B)** Arenito da Formação Beberibe. **(C)** Calcário da Formação Gramame, na encosta e no corte do talude. **(D)** Bota-fora do corte do talude, calcário da Formação Gramame. O morador usava talhadeiras para fazer o corte, devido a facilidade de corte da lama calcária.



Fonte: Autora (2019).

## 5.2 REGIONAL NORDESTE

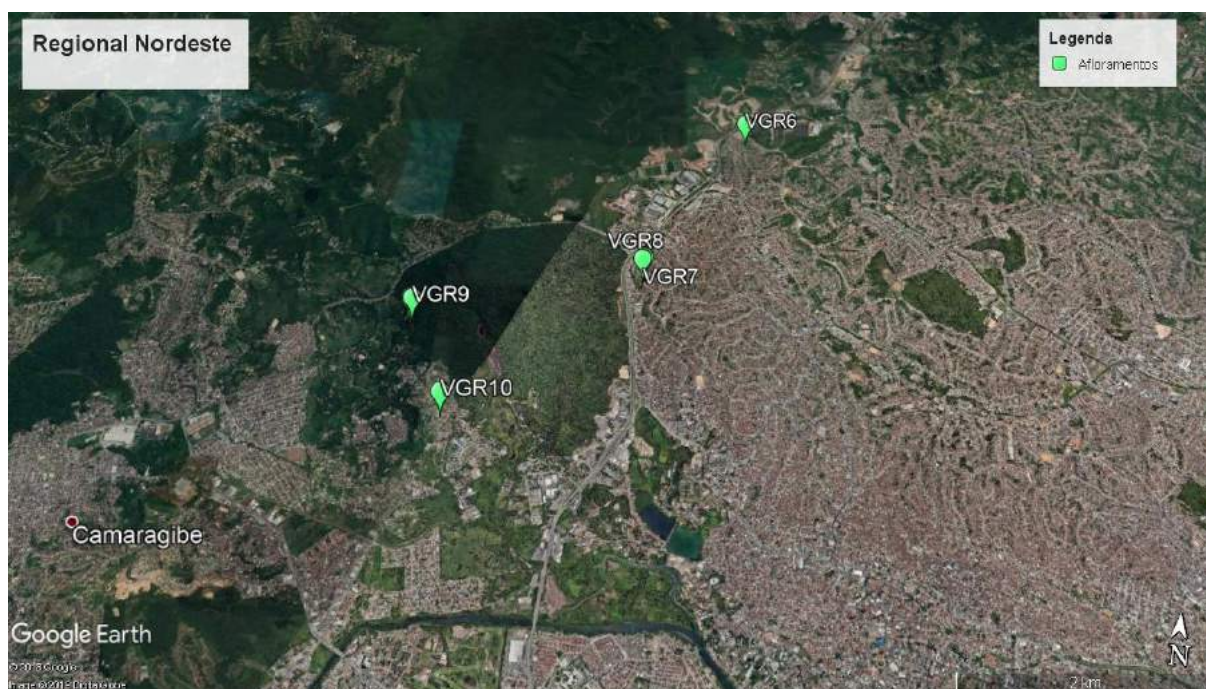
A geologia da Regional Nordeste são os sedimentos aluvionares, sedimentos fluvio-lagunares e sedimentos eluvionares provenientes do Embasamento Cristalino.

Predomina o solo residual areno argiloso proveniente do cristalino.

O ponto de risco que chamou mais atenção foram os Altos do Marreco e da Loura, por serem um divisor de águas, e também pelo fato do Alto do Marreco está tendo processo erosivo com movimento de ruptura translacional.

Apresentam vários problemas, entre eles, lançamentos de lixo dos moradores, solo exposto, vegetação inapropriada para encostas, entulhos e material de colúvio provenientes de outros deslizamentos. E também a verticalização das casas próximas da encosta.

Mapa ilustrativo 2 - Localização dos pontos de risco vistos na Regional Nordeste.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Mapa ilustrativo 3D 3 - Localização dos Altos do Marreco e da Loura, Guabiraba. Alto da Loura, coordenadas 286439/9115432UTM e Alto do Marreco coordenadas 286425/9115406UTM



Fonte: Google Earth (Janeiro, 2019), modificado pela autora (2019).

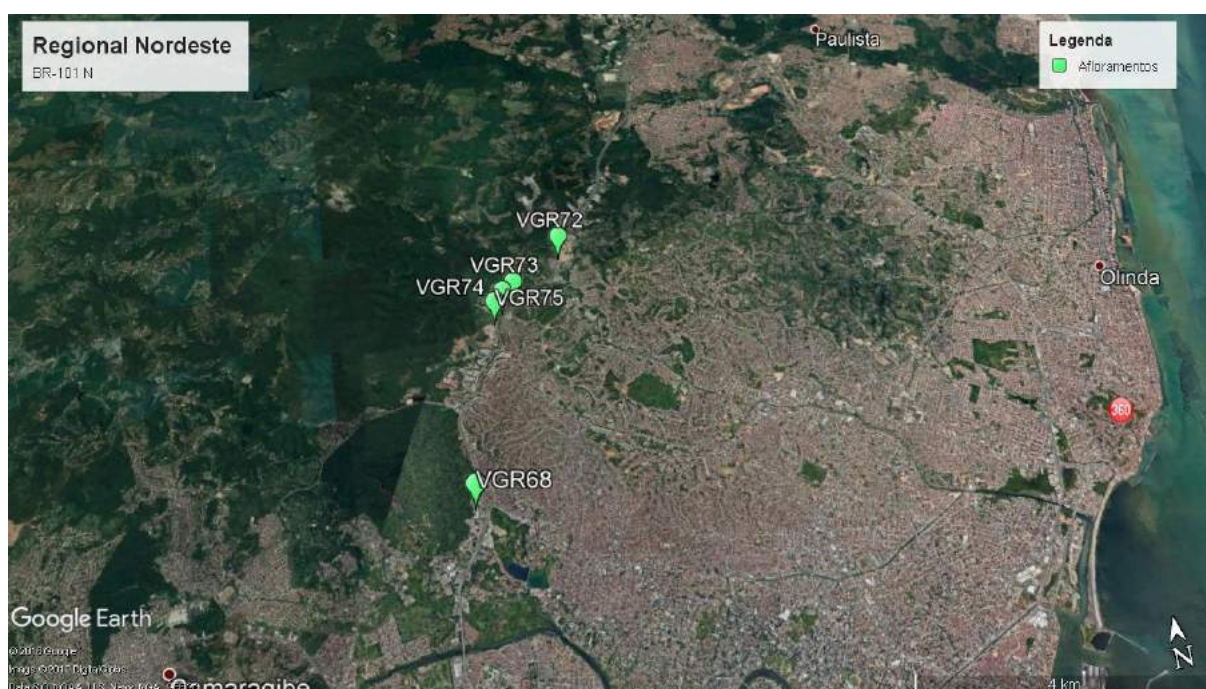
Estampa 7 - Fotos do Alto do Marreco e do Alto da Loura. **(A)** Alto do marreco, lixo lançado e vegetação inapropriada. **(B)** Risco muito alto de deslizamento e danos a bens particulares e públicos. **(C)** Alto da Loura, geomanta e revestimento tela argamassada. **(D)** Taludes expostos e lonas plásticas deterioradas.



Fonte: Autora (2019).

Nas margens da BR 101 Norte, sentido Recife – Paulista, ainda na Regional Nordeste, é possível ver processos erosivos, de movimento translacional rotacional e ravinhas, que se não forem estabilizadas, poderão desenvolver voçorocas, e com isso, prejudicar a recarga do lençol freático por contaminação de poluentes e também danificar as vias rodoviárias.

Mapa ilustrativo 3 - Localização dos pontos de risco vistos na Regional Nordeste, na BR101-N.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Esses pontos de risco vistos ficam localizados em terrenos particulares, às margens da BR 101 –N.

O ponto VGR 68, está localizado próximo do Centro de Distribuição da COMPESA, atrás do Terminal Integrado de Passageiros da Macaxeira, e apresentou processo erosivo translacional rotacional e ravinamento. Proporciona um risco muito alto, pois um deslizamento pode causar danos ao TIP da Macaxeira, danos à marginal da BR 101 e também expor vidas em risco.

Estampa 8 - Fotos do Centro de Distribuição da COMPESA, que fica ao lado do Terminal Integrado de Passageiros da Macaxeira, Macaxeira, coordenadas 286370,36/914107,32UTM. **(A)** Foto frontal do Centro de distribuição da COMPESA, apresentando talude (1) com processos erosivos de ravinamento, devido ao solo areno argiloso estar exposto. Ao lado o processo de ravinamento (2), por trás do TIP-Macaxeira. **(B)** Processo de Ravinamento da encosta, ponto (2) da foto (A). **(C)** Topo da encosta com a vista de cima do processo de ravinamento, o movimento é translacional, vê-se também trinca no solo e a vegetação insuficiente no terço inferior da encosta.



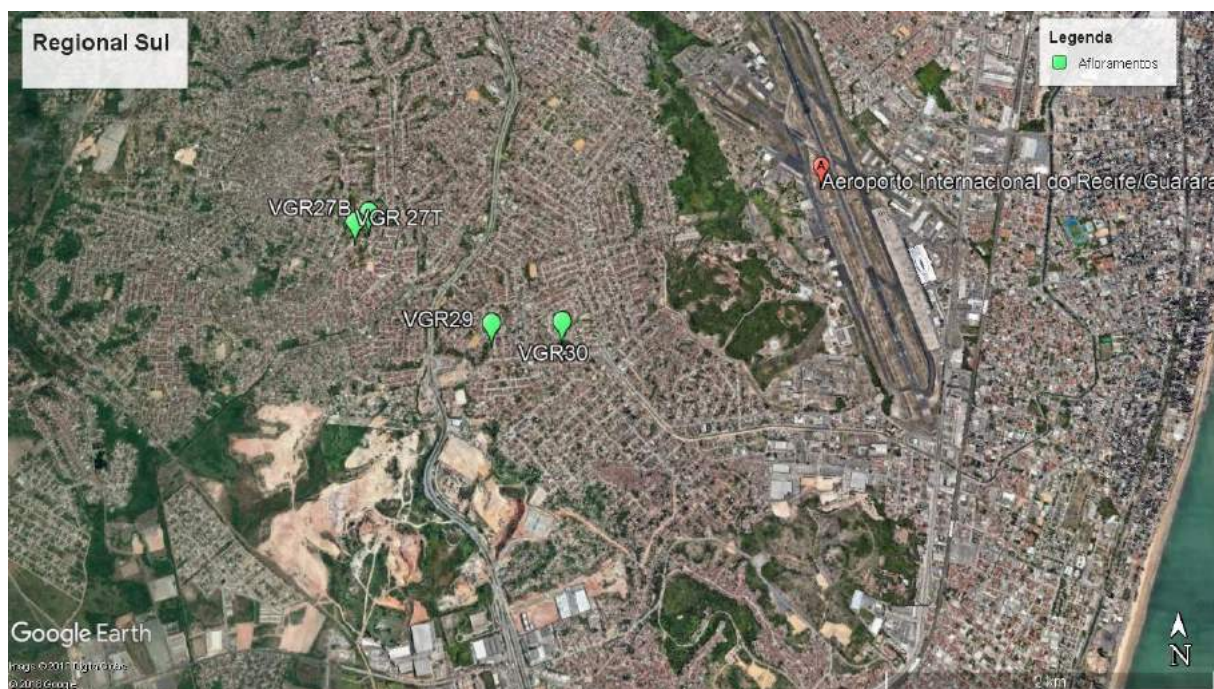
Fonte: Autora (2019).

### 5.3 REGIONAL SUL

A geologia da Regional Sul são os sedimentos aluvionares, sedimentos de terraços marinhos pleistocênicos, sedimentos eluvionares provenientes das Formações Algodoads e Cabo, e sedimentos eluvionares da Suíte Vulcânica Ipojuca e do Embasamento Cristalino.

Predominam solos com camadas com grandes blocos e seixos (*argissolos*) da Formação Algodoads, castanhos escuros (*nitossolos*) e argilo-arenosos de cores claras (*argissolos*) da Formação Ipojuca, e solos residuais com camadas de cores variegadas argilosas e areias intercaladas (*latossolos*), camadas arenosas de cor creme (*argissolos*), solos areno-argilosos avermelhados (*argissolos*), solos argilosos castanhos (*argissolos*) provenientes do cristalino do Complexo Belém de São Francisco.

Mapa ilustrativo 4 - Localização dos pontos de risco vistos na Regional Sul.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

A Regional Sul é provida de muitas obras de contenção de encostas, devido ao solo eluvionar ser proveniente do embasamento cristalino e o risco de deslizamentos é alto. Por ser a menor das cinco regionais, a equipe tem como trabalhar de forma mais ágil.

Entretanto, a população não contribui para a boa manutenção dessas obras. São lançamentos de lixo do topo das encostas, que chegam nas bases e atingem casas, canos de águas providas quebrados e causando vazamentos que contribuem para processos erosivos e consequentemente deslizamentos.

Um exemplo disso ocorre no Bairro da Lagoa Encantada, lixos e entulhos são lançados do topo da encosta, da rua João Tio Branco de Lima, e deslizam até a rua São João, na base da encosta. Soma-se a isso tudo o plantio de Árvores de grande porte, como jaqueira, na base dessa encosta. A encosta apresenta um movimento de ruptura translacional.

Mapa ilustrativo 3D 4 - Localização do Barreirão da Lagoa Encantada, Topo, coordenadas: 284909/9100748UTM. Base, coordenadas: 284979/9100826UTM.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Estampa 9 - Barreirão da Lagoa Encantada. **(A)** Base da encosta, casa com construção irregular, vegetação com árvores de grande porte, entulhos, que causam sobrecarga e risco de deslizamento. **(B)** Topo da encosta com lixo e entulhos lançados sobre a barreira, também percebe-se o movimento de ruptura (detalhe), risco imediato de deslizamentos.



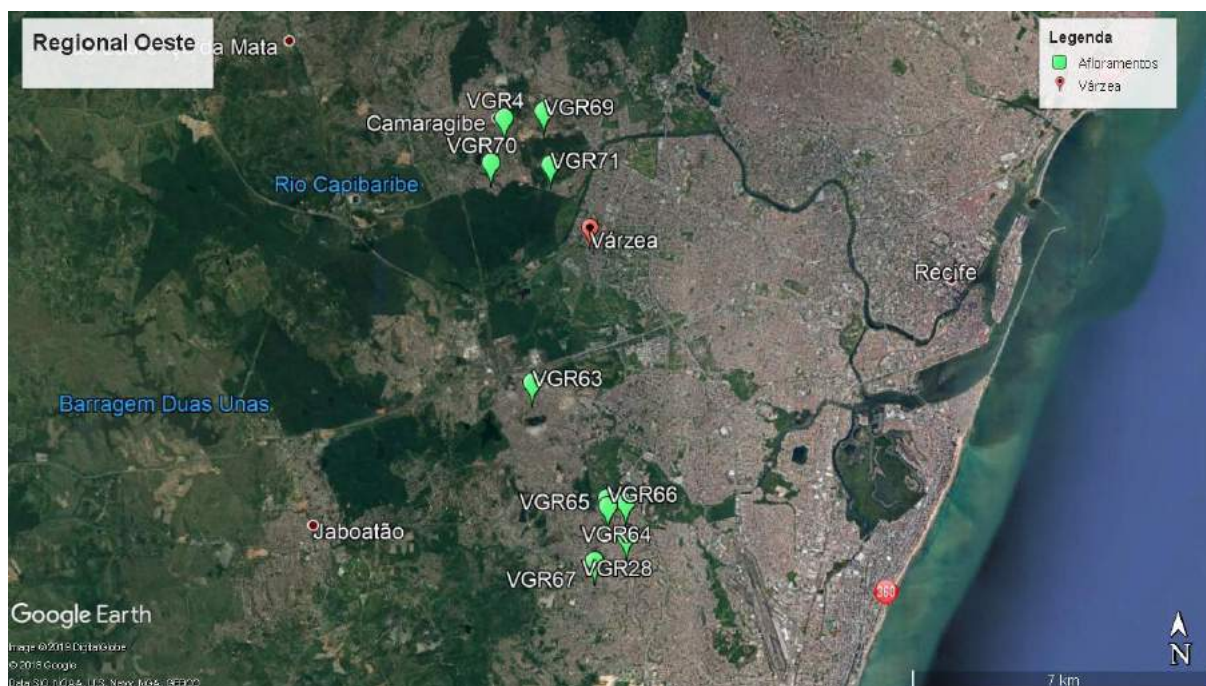
Fonte: Autora (2019).

#### 5.4 REGIONAL OESTE

A geologia da Regional Oeste são os sedimentos aluvionares, sedimentos de terraços marinhos pleistocênicos, sedimentos eluvionares provenientes das Formações Algodoais e Cabo, e sedimentos eluvionares da Suíte Vulcânica Ipojuca e do Embasamento Cristalino.

Predominam solos com camadas com grandes blocos e seixos (*argissolos*) da Formação Algodoais, castanhos escuros (*nitossolos*) e argilo-arenosos de cores claras (*argissolos*) da Suíte Vulcânica Ipojuca, e solos residuais com camadas de cores variegadas argilosas e areias intercaladas (*latossolos*), camadas arenosas de cor creme (*argissolos*), solos areno-argilosos avermelhados (*argissolos*), solos argilosos castanhos (*argissolos*) provenientes do cristalino do Complexo Belém de São Francisco.

Mapa ilustrativo 5 - Localização dos pontos de risco vistos na Regional Oeste.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

É a maior das cinco regionais, e apresenta os mesmos problemas das anteriores. Entretanto o ponto de risco mais expressivo é o VRG4, localizado no Jardim Teresópolis, no bairro da Várzea.

A encosta fica no limite entre os municípios de Recife e Camaragibe, motivo de impasse entre os municípios para a mitigação do risco. No topo está o município de Recife, na base está o município de Camaragibe.

A encosta é um divisor de águas, e isso contribui para os processos erosivos, além disso, está praticamente verticalizada e apresenta movimento de rastejo, percebido pelo recalque da rodagem. O solo é argilo-arenoso e expansivo, por ser originado de rochas vulcânicas.

O ponto já teve acidentes ocorridos, com a retirada de casas, e apresenta vários problemas, entre eles, lançamentos de lixo dos moradores do topo da encosta, solo exposto, vegetação inadequada, entulhos e material de colúvio provenientes de deslizamentos anteriores.

Estampa 10 - Fotos da encosta do Jardim Teresópolis, coordenadas 282115/9111960UTM. **(A)** Encosta e rodagem em 2013, havia no local um ponto de ônibus. **(B)** Encosta com processo erosivo e movimento de rastejo. Tentativa de desacelerar o processo com a colocação de lonas, até uma solução definitiva. Foto de 05/09/2017. **(C)** Foto de 20/06/2018, nove meses depois e nada havia sido feito, o movimento de rastejo aumentou nesse tempo. A vegetação imprópria estava mais densa com bananeiras e causando mais sobrecarga de peso na encosta.



Fonte: **(A)** Google Earth (Janeiro, 2019). **(B)** e **(C)** Autora (2019).

Estampa 11 - Fotos da encosta do Jardim Teresópolis, coordenadas 282115/9111960UTM. **(A)** vegetação densa, com palmeiras, imbaúba, bananeira e carrapateira (indício de lixo), causam sobrecarga no solo, favorecendo ainda mais o movimento de rastejo. **(B)** Solo com trincas, mas um indício de movimento de massa da encosta.



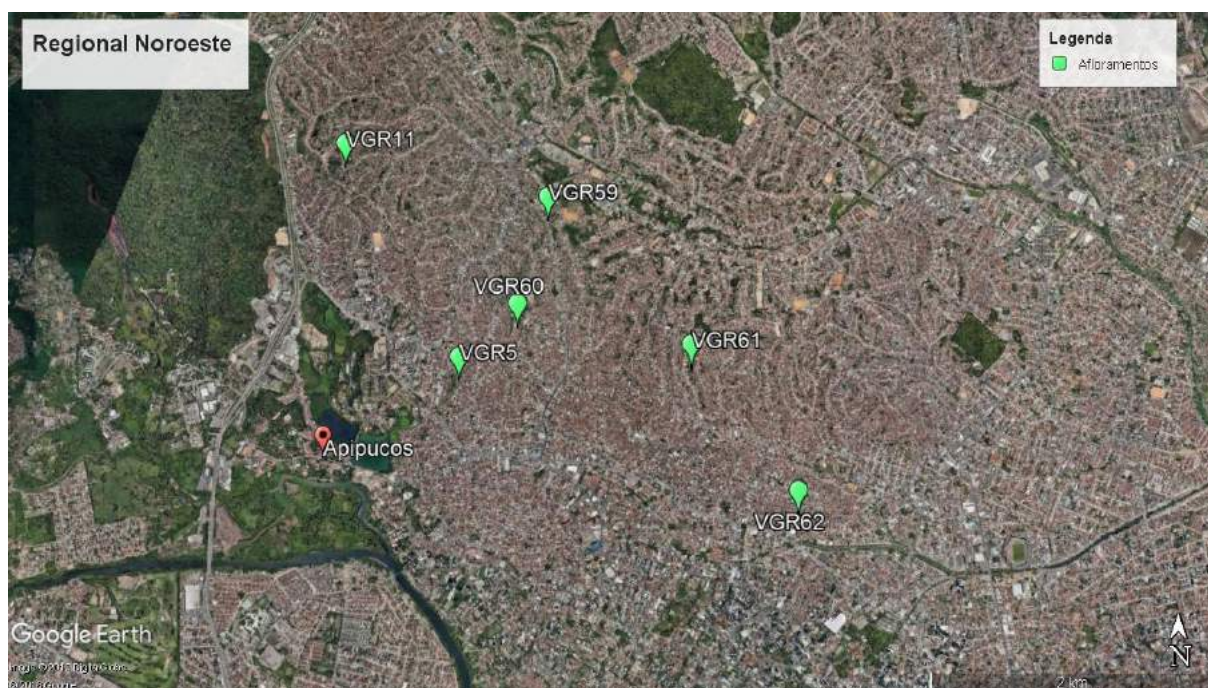
Fonte: Autora (2019).

## 5.5 REGIONAL NOROESTE

A geologia da Regional Noroeste são os sedimentos aluvionares, sedimentos de terraços marinhos pleistocênicos, sedimentos eluvionares provenientes do Embasamento Cristalino.

Predominam solos residuais com camadas de cores variegadas argilosas e areias intercaladas (latossolos), camadas arenosas de cor creme (argissolos), solos areno-argilosos avermelhados (argissolos), solos argilosos castanhos (argissolos) provenientes do cristalino do Complexo Belém de São Francisco.

Mapa ilustrativo 6 - Localização dos pontos de risco vistos na Regional Sul.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Apresenta os mesmos problemas das anteriores. O ponto de risco mais expressivo é o do Alto do Cruzeiro, localizado no Buriti, no bairro da Macaxeira.

O solo é eluvionar, silte argiloso de coloração amarelo castanho a avermelhado. A encosta apresenta um movimento de ruptura translacional. Ocorrem lançamentos de lixo e de águas servidas, além de vegetação inadequada.

Mapa ilustrativo 3D 6 - Localização do Alto do Cruzeiro, coordenadas do topo: 287617/9113448UTM.



Fonte: Modificado de Google Earth (Janeiro, 2019).

Estampa 12 - Fotos do Alto do Cruzeiro, Buriti, bairro da Macaxeira coordenadas do topo: 287617/9113448UTM. **(A)** Vista frontal da encosta, com lançamento de lixo, solo exposto e vegetação imprópria. **(B)** Vista da encosta com implantação de lonas plásticas e lançamento de lixos. **(C)** Vista do topo, carrapateiras, indício de lixo e lixo lançado. **(D)** Construção irregular (invasão) na beira da encosta.



Fonte: Autora (2019).

## 5.6. RISCOS GEOLÓGICOS

Os fatores mais influenciáveis na susceptibilidade nos pontos de risco nas encostas de Recife foram:

Os solos residuais, pois a partir da alteração das rochas, tiveram sua espessura aumentada com o tempo. Quando o solo é mais arenoso, se torna permeável, e com isso, apresenta alta susceptibilidade à erosão e baixa susceptibilidade aos deslizamentos. Já os argilosos são impermeáveis, e são mais resistentes à erosão e alta susceptibilidade aos deslizamentos.

Com relação as estruturas da rocha fonte presentes nos solos residuais a susceptibilidade estará em função da posição do talude. Ou seja, quando o declive fica no sentido do mergulho das camadas, a susceptibilidade de deslizamento será

maior. Quando a posição do talude é contrária ao mergulho das camadas, a susceptibilidade é menor.

A morfologia dos morros de Recife também influenciam na susceptibilidade dos riscos. Por ser quente e úmido Recife tem morros e colinas suaves, os relevos são maduros (estáveis) mostram formas sinuosas com colinas arredondadas e vales abertos em forma de “U”.

Quadro 3 - Relação entre Morfologia e Susceptibilidade a Deslizamentos

| Unidade de Relevo     | Cotas Dominantes (m) | Amplitudes (m) | Declividades Médias (%) | Feições Morfológicas (Características) | Grau de Susceptibilidade a Deslizamentos e Erosões |
|-----------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Tabuleiros dissecados | 100                  | 75             | >45                     | Topos irregulares                      | Alto                                               |
| Morros altos          | 200                  | 150            | 30-45                   | Topos alinhados                        | Mediano                                            |
| Morros baixos         | 100                  | 100            | 30-45                   | Forma irregular                        | Baixo                                              |
| Colinas suaves        | 50                   | 30             | <30                     | Formas isoladas                        | Baixo                                              |

Fonte: Modificado de Alheiros *et al.* (2004).

As chuvas que caem ao longo dos períodos de inverno tanto podem escoar causando a erosão, como se infiltrar propiciando o umedecimento e a saturação dos solos.

As águas correntes do escoamento superficial formam uma rede natural de drenagem (sistema fluvial), cuja densidade depende da morfologia da bacia, da permeabilidade do solo e da intensidade das chuvas.

Quando os solos ou sedimentos são mais argilosos, as águas subterrâneas atuam principalmente nos processos de deslizamento: quanto maior a taxa de infiltração e a altura do nível freático, maior a suscetibilidade do terreno para deslizar. Por outro lado, quando o material é muito arenoso, quanto maior a infiltração e mais

alto o nível freático, maior a probabilidade de erosão acelerada com a formação de voçorocas.

Quanto mais elevado esse nível freático, mais saturados estão os terrenos e, conseqüentemente, maior o risco de deslizamento. O nível freático não alcança o topo dos morros. Nos períodos muito chuvosos, quando esse nível fica mais elevado, pode formar surgências ou fontes e ajudar a descalçar a base das encostas, facilitando o processo de ruptura, ou amplificando a erosão formando voçorocas. Uma parte das águas que se infiltram não chega a recarregar os aquíferos. Fica retida nos poros dos solos, formando uma franja de umedecimento, que atinge, nos períodos de chuva, espessura aproximada de 3 metros. É principalmente nesse intervalo do solo onde se dão os deslizamentos. (GUSMÃO FILHO, 1998 *apud* ALHEIROS *et al.* 2004).

Os fatores antrópicos têm um papel muito importante na composição do risco. A alta frequência de acidentes nos morros de Recife não se deve apenas às suas características geológicas, nem às suas feições topográficas, mas principalmente à forma como essas áreas são ocupadas, com cortes e aterros, lançamento de águas servidas e lixo.

A importância relativa dos fatores de risco mostraram que a frequência de riscos mais altos é maior para os fatores antrópicos, quando comparados aos fatores geológicos ou morfológicos.

Principais fatores antrópicos:

- Densidade populacional;
- Frequência de cortes e aterros;
- Taxa de solo exposto;
- Frequência de pontos de lançamento de lixo;
- Frequência de fossas nas encostas;
- Frequência de pontos de vazamentos/lançamento de águas.

#### **5.6.1 Densidade populacional**

Nas Ocupações Espontâneas, que resultam da busca individual ou coletiva pela moradia, onde os próprios ocupantes são os agentes modificadores do espaço. A decisão de onde e como habitar é estabelecida à medida que o assentamento cresce. As necessidades vão criando o lugar e consolidando um tipo de ocupação

desordenada considerada como o principal responsável pelo desequilíbrio das encostas.

Foto 6 - Córrego do Carroceiro, 8ª Subida, Regional Nordeste. Coordenadas 287313/9117154UTM. Construção realizada no pé do talude, ponto de risco alto quando for época de chuvas.



Fonte: Autora (2019).

### 5.6.2 Frequência de cortes e aterros

As alterações que o processo de ocupação promove no relevo natural, através de cortes e aterros, são fortes indutores de deslizamentos e erosões. Quanto maior o número de moradias, maior o número de cortes/aterros e maior a probabilidade de verticalização dos taludes, por falta de espaço, aumentando o grau de risco. Um caso particular de cortes são aqueles associados às atividades de mineração urbana, nas quais os grandes volumes de material de construção explorados deixam grandes e abruptos desníveis no relevo, gerando áreas suscetíveis de deslizamentos e transformando em áreas de risco as faixas ocupadas próximas à crista e ao pé desses cortes. (ALHEIROS *et al.* 2004)

### 5.6.3 Frequência de pontos de lançamento de lixo

O acúmulo de lixo sobre uma encosta contribui para a saturação do solo. Sua progressiva acumulação pode levar a acidentes de deslizamento da massa de lixo, associada ou não à encosta. Quanto maior o número de pontos de concentração de lixo e maior o seu volume, maior a probabilidade de ocorrência de deslizamentos associados a esses maciços artificiais.

Estampa 13 - Pontos de lançamento de lixo. **(A)** Fotos de entulhos de construção civil, sobrecarga do solo, com risco de deslizamento para a casa de baixo. Ibura de Cima, UR-03, Regional Oeste, coordenadas: 284957/9102328UTM. **(B)** Fotos de entulhos de construção civil, lixo e vegetação que não é apropriada para encostas. Av. Doná Pereira, Jordão Baixo. Coordenadas 286272/9100092UTM.



Fonte: Autora (2019).

#### 5.6.4 Taxa de solo exposto

Este fator de risco é representado pela percentagem de cobertura vegetal removida em relação à área total da encosta. A remoção da vegetação expõe o solo ao choque direto da chuva e às águas correntes, permitindo uma maior infiltração de água nas encostas.

Estampa 14 - Talude localizado na Comunidade Barreiras, Caxangá, Regional Oeste. Coordenadas 283029/9112116UTM. Nesse local ocorre de forma clandestina a mineração urbana, com a extração de saibro para construção civil. Já houve acidente no local, com deslizamento, e a retirada de uma casa. **(A)** Talude cortado. **(B)** Base da encosta com o colúvio. **(C)** Casa próxima ao talude em situação de risco alto.



Fonte: Autora (2019).

#### 5.6.5 Frequência de fossas nas encostas

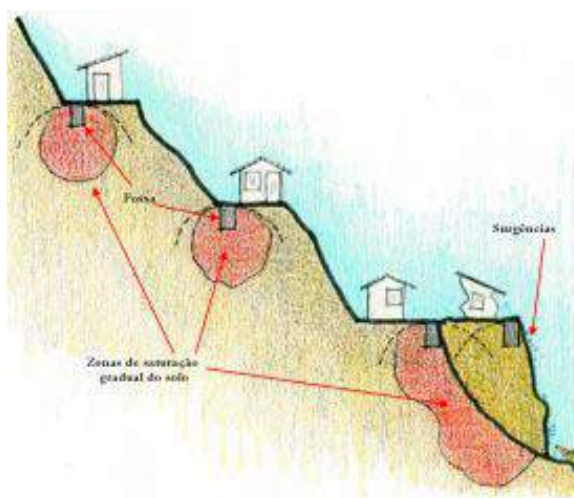
As fossas absorventes (ou sumidouros) funcionam como pontos de concentração de água, de modo que quanto mais próximas e numerosas, maior o risco de deslizamentos que trazem para as moradias próximas.

Foto 7 - Fossa na encosta. Alto da Saudade nº77, Alto José Bonifácio, Regional Noroeste. Coordenadas 289263/9113544UTM.



Fonte: Autora (2019).

Figura 2 - Esquema da saturação dos solos por fossas.



Fonte: Alheiros et al. (2004).

O adensamento habitacional nos morros, com decorrente concentração e aumento do volume de água lançada, cotidianamente, sobre os terrenos, satura o solo, desestabilizando as encostas e favorecendo, mesmo sem chuvas, a ocorrência de acidentes.

Essa situação agrava-se em períodos de inverno, quando as chuvas se intensificam, e os solos, já encharcados, recebem maior infiltração de água,

aumentando os processos de deslizamento e erosão e, conseqüentemente, elevando a magnitude dos acidentes. (ALHEIROS *et al.* 2004)

#### 5.6.6 Frequência de pontos de vazamentos/lançamento de águas

À semelhança das fossas, os pontos de lançamento de águas servidas e de vazamentos diretamente sobre o solo são fortes indutores de acidentes. Quanto mais bem servida de biqueiras, canaletas e outros condutos de água superficial, menor é o risco para os ocupantes da encosta.

Estampa 15 - Foto de deslizamento causado por cano de águas servidas rompido. Estradas dos Macacos, acesso à esquerda para o Sítio Sapucaia, imóvel de nº 04 A. Coordenadas 284354/9114764UTM. **(A)** O deslizamento do talude causou transtornos para os moradores vizinhos e ainda impediu o tráfego de carros na via **(B)**.



Fonte: SEDEC-Recife, César Gonçalves da Silva (2017).

#### 5.6.7 Verticalização das construções

As casas estão se transformando em pequenos prédios, ou, devido ao aumento da família, ou como uma renda extra na cobrança de aluguéis à população de baixa renda.

Esse aumento das construções de forma vertical também contribui para a sobrecarga de peso na encosta, e conseqüentemente o deslizamento seguido de desmoronamento, com isso maior número de vítimas num eventual acidente.

Foto 8 - Vista do Alto José Bonifácio, Regional Noroeste. Nos detalhes (setas amarelas) vê-se construções sobre pilotis, causa de maior instabilidade nas construções.



Fonte: Autora (2019).

#### 5.6.8 Geomantas rompidas

Desde que foi implementada nos morros a geomanta até certo ponto mostrou-se eficiente, mas a falta de manutenção, e também de orientação para a preservação e conservação por parte da população têm gerados processos erosivos nas encostas.

Quando falta a manutenção adequada as geomantas se rompem nas emendas, deixando abertura para a infiltração da água nas encostas. Por estarem sobre as encostas, ocultam o carreamento dos sedimentos pela água infiltrada (*piping*), e quando é percebido o processo de erosão, a remediação pode ser tardia, e os danos já foram causados à população.

Outro fator é a falta de instrução da população, que por vezes rompe a geomanta para a prática de plantio, também gerando a umidade do solo, e com isso, processos erosivos e deslizamentos.

Estampa 16 - Fotos de Geomantas danificadas. **(A)** Córrego do Carroceiro, 8ª Subida. Coordenadas 287313/9117154UTM. A geomanta rompeu nas emendas, deixando abertura para infiltração da água, e o crescimento de arbustos, que também prejudicam a durabilidade da manta e estabilidade da encosta. **(B)** Comunidade Pantanal, Bairro Cohab, coordenadas 284534/9103033UTM. Nesse ponto, um cano de águas servidas apresentou vazamento, e como estava coberto com a geomanta, não foi visto à tempo o processo erosivo, que ocasionou deslizamentos e acidentes. Várias casas tiveram que ser retiradas. Percebe-se também a existência de um fossa na beira da encosta, e talvez tenha contribuído para o agravamento do deslizamento.



Fonte: Autora (2019).

## 5.7 GEOLOGIA AMBIENTAL

Os danos ambientais causados pela habitação espontânea são o lançamento de lixo nas encostas, e a falta de sistema de esgoto.

O custo da coleta do lixo domiciliar nas áreas de morros é muito alto devido à baixa produtividade do caminhão de coleta, além do que os resíduos gerados não são coletados na sua totalidade. A disposição irregular de lixo no ambiente leva à perda de receita, uma vez que as empresas concessionárias recebem de acordo com o peso do volume coletado.

O lixo acumulado nas encostas absorve grande quantidade de água e desenvolve um processo bioquímico de degradação e produção de chorume, líquido negro e espesso, favorecendo a sua interação com o solo. À medida que se avoluma e absorve água, essa massa de lixo pode induzir rupturas e deslizamentos de encostas. Mesmo que o deslizamento contenha apenas a massa de lixo, ele poderá provocar acidentes consideráveis, dependendo do seu volume. O lixo nas valetas do terreno e nas canaletas obstrui o escoamento da água, permitindo extravasamento e aumento da sua infiltração nos solos, não esquecendo que é ambiente propício para a proliferação de ratos, baratas e insetos. (ALHEIROS *et al.* 2004)

O esgotamento sanitário é outro problema ambiental, devido à ausência de serviços de esgotamento sanitário nos morros. E, por isso, os moradores dessas áreas seguem práticas rudimentares e inadequadas para o destino dos seus efluentes domésticos.

É comum lançarem as águas servidas diretamente sobre o solo, em valas abertas ou em fossas negras, com o transbordamento ou vazamento dos efluentes contribuindo para a poluição do lençol freático e dos corpos d'água, e para o agravamento das condições de estabilidade das encostas, por erosão ou escorregamento de talude. (ALHEIROS *et al.* 2004)

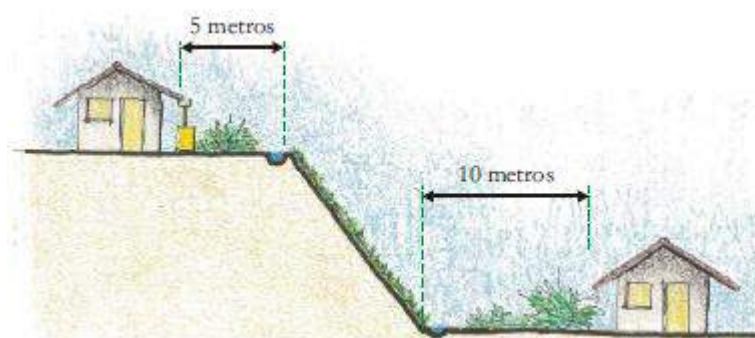
## 5.8 MEDIDAS MITIGADORAS

### 5.8.1 Retaludamento

De acordo com Alheiros *et al.* (2004) do ponto de vista geotécnico, topos e encostas são áreas com diferentes graus de suscetibilidade a deslizamentos; enquanto as encostas exigem cortes e aterros para a sua ocupação, os topos podem ser ocupados com pouco, ou nenhum movimento de terras.

Embora situadas em topos, as áreas planas próximas a quebras abruptas de relevo, como bordas de tabuleiros e bordas de cortes íngremes, devem ser consideradas não edificáveis para uma faixa com pelo menos 5 metros a partir da linha de crista e 10 metros a partir da base do colúvio.

Figura 3 - Esquema de retaludamento dos recuos mínimos do talude e das edificações, como medida mitigadora para as construções das moradias.



Fonte: Alheiros & Medeiros (2004).

### 5.8.2 Drenagem

Baseado em estudo levantado por Alheiros *et al.* (2004) um sistema de drenagem eficiente para os morros deve ser planejado por microbacias, com uma rede que atenda a todas as casas, a partir das calhas ou biqueiras até as canaletas de descida, de bordo e de pé de talude, as quais devem chegar às canaletas principais ou de escadarias e finalmente aos canais. Todo o sistema precisa ser dimensionado para receber a contribuição de águas pluviais da microbacia natural de drenagem, de modo a evitar problemas de transbordo quando ocorrem chuvas mais intensas.

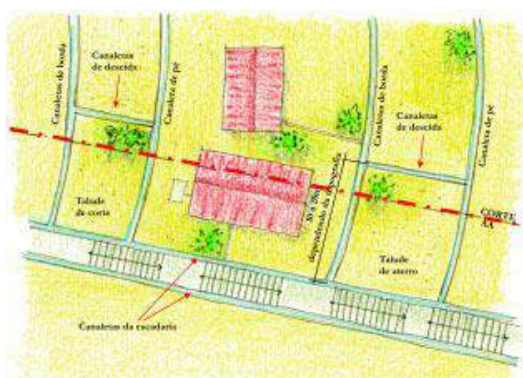
Um Plano Geral da Intervenção (anteprojeto) deverá identificar sobre uma base plani-altimétrica, em função da morfologia da encosta, as principais linhas de convergência da água, para a definição do traçado do escoamento principal. As soluções de detalhe da intervenção vão sendo definidas durante a execução dos trabalhos.

O lançamento de águas servidas sobre as encostas decorre, em geral, da inexistência ou da precariedade da microdrenagem para responder aos eflúvios domésticos, além das águas das chuvas, para as quais é essencialmente destinada.

Principais elementos da drenagem nos morros:

- Calhas e Coletores (casas)
- Canaletas de Descida (entre patamares)
- Canaletas de Borda de Talude
- Canaletas de Pé de Talude
- Canaletas Principais (acopladas às escadarias)

Figura 4 - Esquema de um sistema de microdrenagem para os morros.



Fonte: Alheiros & Medeiros (2004).

### 5.8.3 Vegetação

A vegetação é necessária para a estabilidade das encostas, pois evitam o impacto da chuva diretamente no solo, e as gramas prendem os sedimentos evitando que sejam carregados pela água.

A vegetação arbórea é um grande problema devido o gosto popular de ter plantas frutíferas nos quintais, e boa parte dessas árvores são jaqueiras, mangueiras e principalmente as bananeiras.

As bananeiras têm raízes radiculares, que têm um fraco poder de penetração no solo, portanto não fixam o solo. Além disso, retêm bastante água, deixando o solo saturado, gerando um sobrepeso nas encostas e taludes com alta vulnerabilidade para deslizamentos. Portanto, as bananeiras devem ser substituídas por plantas de raízes compridas, no caso, gramas e capins que sustentam mais a terra são sugeridas.

Conscientizar a população de que não se pode plantar esses tipos de árvores é um bom início para a mitigação.

Conscientizar a população que podem plantar, e ao mesmo tempo proteger as encostas com as seguintes gramíneas: Capim braquiária, capim gordura, capim-de-burro, capim sândalo, capim gengibre, grama germuda, capim chorão, grama pé-de-galinha, grama forquilha e grama batatais.

### 5.8.4 Lixo

Criar um sistema alternativo de coleta seletiva, operado pela própria comunidade, de forma a ampliar a capacidade da coleta desse material, ao mesmo tempo em que fomente um programa de educação ambiental e de geração de renda para a população nos morros.

Roteiro para planejamento e operação da coleta do lixo:

- Delimitar as áreas a serem atendidas;
- Zonear as áreas por tipo de coleta;
- Estimar a população a ser atendida;
- Estimar a geração e a composição do lixo;
- Levantar as características topográficas;

- Levantar o sistema viário urbano, o tipo de pavimentação, a declividade das vias, o sentido e intensidade do tráfego e as condições de acesso;
- Definir o método da coleta, especificando e mencionando os tipos de veículo coletores, os equipamentos, a infraestrutura para transbordo ou transferência, a forma de utilização da mão-de-obra e outros procedimentos operacionais;
- Definir o tipo de recipiente a ser usado pela população para acondicionamento do lixo;
- Demarcar os pontos de confinamento do lixo;
- Determinar e traçar em mapa indicando os roteiros por setores de coleta e o número de viagens;
- Definir a frequência e horário de coleta;
- Manter a regularidade da coleta domiciliar;
- Definir a guarnição ou equipe de trabalhadores;
- Estabelecer formas de comunicação com o objetivo de mobilizar a comunidade para uma participação efetiva no cotidiano da limpeza urbana;
- Estabelecer os padrões e indicadores para controle da qualidade na prestação dos serviços;
- Acompanhar e avaliar sistematicamente a operação dos serviços de coleta, buscando formas adaptadas a cada localidade, e mais eficientes;

#### **5.8.5 Esgoto**

Alheiros *et al.* (2004) propôs a estruturação de sistemas ou microssistemas de esgotamento sanitário e deveria compreender, além da rede de coleta e destinação final dos esgotos, as soluções internas individuais de cada domicílio, fazendo com que cada uma das unidades seja provida de instalações sanitárias mínimas, elevando o padrão de higiene dos moradores e permitindo sua ligação, de forma adequada, ao sistema implantado.

Em áreas de morros não é recomendada a utilização de fossas individuais seguidas de infiltração no solo. A alternativa de fossas-filtro individuais só deve ser empregada provisoriamente, em casos isolados e devidamente justificados. Devem-se buscar, para essas áreas, soluções de tratamento coletivo, com o emprego de

fossas-filtro ou reator anaeróbio. Essas unidades devem estar localizadas em áreas planas, fora das encostas, e de fácil acesso para operação e manutenção.

A tecnologia para a coleta de esgotos mais adequada às condições encontradas nos morros é a do sistema condominial, que se baseia na definição da unidade de atendimento, que deixa de ser o lote e passa a ser o conjunto de domicílios vizinhos em uma mesma quadra ou frontais em vias de pedestres, formando uma unidade de coleta de esgotos. Por sua vez, essa unidade ou condomínio é interligada à rede pública através de um ramal condominial. Esse ramal apresenta a possibilidade de ser implantado a pequenas profundidades, podendo o seu traçado ser mais sinuoso, atendendo às irregularidades da ocupação, e sua localização pode ser negociada com a população residente, visando otimizar a operação e evitar conflitos.

O traçado das redes-tronco requer a minimização de extensões e de profundidade das canalizações, já que tais processos podem favorecer as erosões ou o aparecimento de pontos críticos de instabilidade. O traçado dessas redes deve considerar a ocupação urbana e procurar o caminho que melhor se ajuste ao esgotamento dos condomínios e à união dos pontos de concentração das quadras, de forma a definir as redes de esgotos até o ponto de reunião de cada bacia ou sub-bacia.

#### **5.8.6 Secretaria de defesa civil**

A montagem de um sistema que responda por:

- Controle das ocupações e remoções das famílias em situações de risco;
- Pequenas obras corretivas;
- Intervenções mais amplas na escala das microbacias de drenagem;
- Requalificação urbanística das redes de infraestrutura (drenagem e acesso) e produção habitacional;
- Ação permanente de defesa civil, inibindo práticas de degradação e monitorando os casos de maior risco.

Disponibilização de um sistema de informações gerenciais:

A disponibilização de informações técnicas e gerenciais é indispensável para orientar o bom desempenho da Defesa Civil e para monitorar as intervenções urbanísticas em áreas de morros, quer para implantação de novas ocupações, quer

para requalificação de ocupações existentes, conhecimento do território e condições de sua ocupação. (ALHEIROS *et al.* 2004)

Informações institucionais:

- Diretrizes e Prioridades;
- Programas e Projetos de Intervenções;
- Atendimento de Serviços Públicos;

Informações geoambientais:

- Geológicas: Unidades litológicas, texturas e estruturas;
- Morfológicas: Topografia e dinâmica do relevo;
- Pedológicas: Tipos e evolução dos solos;
- Geotécnicas: Tipos e processos de instabilizações;
- Risco Geológico: Fatores de suscetibilidade e vulnerabilidade;
- Hidrológicas: Drenagem superficial, características da microbacia, gradiente hidráulico, superfície piezométrica, características hidrogeológicas;
- Meteorológicas: Dados climáticos, previsão do tempo, rede de pluviômetros;
- Biológicas: Cobertura vegetal, áreas de proteção e reservas ambientais.

Informações urbanísticas e sociais:

- Zoneamento Urbano
- Ocupação do Solo
- Redes de Equipamentos e Serviços Urbanos
- Cadastro Imobiliário
- Indicadores de Densidade de Ocupação
- Indicadores de Desempenho Espacial
- Indicadores Ambientais
- Indicadores de Desenvolvimento Humano

## 5.9 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA RELAÇÃO ENTRE EROSÃO E DESLIZAMENTOS

De acordo com estudos anteriores, e também verificados nesse estudo, chegou-se nas seguintes conclusões:

- FORMAÇÃO GRAMAME: Solos argilosos de cor creme a cinza (*vertissolos*) a suscetibilidade para erosão é baixa, e para o deslizamento é alta;
- FORMAÇÃO BEBERIBE: Camadas arenosas homogêneas de cor creme (*neossolos*) a suscetibilidade para erosão é alta, e para o deslizamento é baixa;
- FORMAÇÃO CABO: Camadas com grandes blocos e seixos (*argissolos*) a suscetibilidade para erosão é média, e para o deslizamento é média;
- FORMAÇÃO IPOJUCA:
  - a) Solos castanhos escuros (*nitossolos*) a suscetibilidade para erosão é baixa, e para o deslizamento é alta;
  - b) Solos argilo-arenosos de cores claras (*argissolos*) a suscetibilidade para erosão é média, e para o deslizamento é média;
- EMBASAMENTO CRISTALINO:
  - a) Camadas de cores variegadas argilosas e areias intercaladas (*latossolos*) a suscetibilidade para erosão é baixa, e para o deslizamento é alta;
  - b) Camadas arenosas de cor creme (*argissolos*) a suscetibilidade para erosão é alta, e para o deslizamento é baixa;
  - c) Solos areno-argilosos avermelhados (*argissolos*) a suscetibilidade para erosão é média, e para o deslizamento é média;
  - d) Solos argilosos castanhos (*argissolos*) a suscetibilidade para erosão é baixa, e para o deslizamento é média;

## 6 EROÇÃO COSTEIRA

O ambiente costeiro é um local propício para a acumulação de sedimentos transportados por processos naturais através de agentes, como água de superfície, vento, gelo e ação da gravidade, gerando os depósitos sedimentares. Nesse ambiente, pode-se observar e diagnosticar os processos deposicionais e erosivos predominantes durante a linha de costa.

Os fenômenos erosivos e de sedimentação marinha se concentram na faixa de antepraia. Desta forma a morfologia, bem como a cobertura sedimentar da maioria das plataformas continentais são relíquias dos ambientes sedimentares instalados em períodos de nível de mar baixo, em um passado geológico recente. (MANSO, CORRÊA & GUERRA, 2003)

A plataforma continental do Estado de Pernambuco apresenta, na sua quase totalidade, reduzida largura (média de 35km), pouca profundidade, declive suave, quebra de plataforma entre -50 e -60m, águas relativamente quentes, salinidade elevada e cobertura sedimentar composta por sedimentos terrígenos e carbonáticos. (MANSO, CORRÊA & GUERRA, 2003).

Um dos traços morfológicos característico do litoral Recifense é a presença constante dos arenitos de praia (*beachrocks*), paralelos à costa, que fornecem substrato para o desenvolvimento de algas e corais, e também uma proteção natural da costa, em absorver grande parte da energia das ondas incidentes, mesmo quando estão submersos nos períodos da maré alta.

A plataforma continental de Pernambuco é caracterizada por uma ativa produção carbonática orgânica que se traduz pelo desenvolvimento de fundos de algas calcárias. (MANSO, CORRÊA & GUERRA, 2003)

Segundo Coutinho, (1976 *apud* MANSO, 2003) a predominância de sedimentos carbonáticos orgânicos na plataforma continental de Pernambuco é resultado da interação dos seguintes fatores:

- a) Plataforma estreita, rasa, águas quentes, salinidade elevada e ação de correntes;
- b) Predominância de clima semiárido no interior do continente, resultando no pequeno aporte de sedimento à plataforma e consequentemente, presença do substrato duro, desprovido de sedimento fino, ideal para fixação da epifauna e da epiflora;

- c) Fraco desenvolvimento de corais hermatípicos;
- d) Fenômeno de competição, algas calcárias *versus* corais.

Dentre os diversos ambientes continentais e marinhos, as praias e as dunas eólicas costeiras ocorrem diretamente localizadas na região costeira de Recife, PE. Esses ambientes são altamente mutáveis, em função da sua localização, na interface continente oceano, e constantemente remobilizadas pela ação dos processos costeiros associados às ondas, correntes costeiras, marés e ao aporte de sedimentos.

O aporte sedimentar nas praias de Boa Viagem e Pina é escasso, pois o rio Capibaribe desagua ao Norte das praias e tem sua nascente em Jataúba e Poção, no semiárido pernambucano, cuja contribuição de sedimentos quartzosos é pouca, e os sedimentos marinhos, em maior quantidade, são de origem carbonáticas, que contribui para um sedimento leve nas praias recifenses, sendo facilmente carregados pela ação de ondas e vento.

As praias tem um balanço sedimentar sazonal, que acompanha a variabilidade do regime pluviométrico e dos ventos. Durante o período chuvoso, entre fevereiro e agosto, com a intensificação de ventos de SE, os sedimentos são carregados pela ação das ondas e do vento. E no período de estiagem, entre os demais meses do ano, os ventos de ESE e SE são mais fracos, os sedimentos são depositados.

Portanto, no período de estiagem, os sedimentos que deveriam ser de origem pluvial, não chegam de forma suficiente para equilibrar e estabilizar as praias de Boa Viagem e Pina, gerando um déficit sedimentar, e em consequência processos erosivos costeiros.

Além disso tudo, a população recifense é estimada em 1.637.834 habitantes, (IBGE, 2019) sendo que o Bairro de Boa Viagem tem 122.922 habitantes e 29.176 habitam o bairro do Pina, segundo a Prefeitura de Recife, (2019), ou seja, 9,29% dos habitantes de Recife habitam a região costeira.

Essa intensa urbanização de Recife tomando o espaço da Linha de costa desordenadamente, nas últimas décadas, nos bairros de Boa Viagem e Pina, contribuíram na alteração do litoral, sobretudo seu deslocamento, com o aumento das taxas de erosão ao longo dessas praias.

## 6.1 PERFIS COSTEIROS

A realização de perfis topográficos praias sazonais é de grande importância para o conhecimento da dinâmica de transporte sedimentar de uma determinada região costeira. Esta técnica é bastante difundida devido aos gastos serem bem reduzidos, e também porque oferece valiosas informações para a obra de engenharias costeiras, e permite fazer cálculos e previsões do volume de sedimentos depositados e transportados, determinar locais propícios de erosão, e, ou, deposição, de acordo com as diferentes condições local, de energia do ambiente marinho.

Foram realizados para o estudo da dinâmica costeira, nove perfis. Desses nove perfis, cinco perfis (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub> e P<sub>8</sub>) apresentaram processos de deposição, e deles foram coletadas dezessete amostras costeiras, referentes a pós-praia, duna, praia e antepraia, para análises granulométricas, pois a granulometria indica se a pós-praia, praia e antepraia sofrem processos erosivos, e outros três perfis (P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>), os quais possuem obras de engenharia costeira, foram comparados com perfis realizados em 1998, antes da intervenção dessas obras.

O Perfil Praia 1, no período de oito meses apresentou uma variação sedimentar negativa de 212,49m<sup>3</sup>/m, a pós-praia, praia e antepraia apresentaram areia média em maior proporção, entretanto a areia da antepraia apresentou uma assimetria positiva, e mal seleção dos grãos, as quais indicam partículas de origem fluvial, entretanto esse ponto, está distante dos Rios Jaboatão, ao Sul e Capibaribe, ao Norte.

Provavelmente esse sedimento sofre influência da rede de drenagem de águas pluviais, que fica a poucos metros onde o perfil foi realizado. Vale salientar que a tubulação pertence ao município de Jaboatão dos Guararapes, PE.

O Perfil Praia 2 é marcado pelo início da obra costeira do muro com enrocamento aderente, e foi comparado com o perfil realizado em 05/12/1998, e mesmo com a obra tem uma variação sedimentar negativa de 162,42m<sup>3</sup>/m. Entretanto, em outro perfil realizado recentemente, viu que em cinco meses o volume teve um acréscimo positivo de 141,73m<sup>3</sup>/m, indício de que há vinte anos atrás, a praia estava iniciando o processo erosivo. Nesse ponto, a obra costeira iniciou na contribuição da estabilização da praia, mas isso é devido ao fato da direção do muro de contenção quase coincidir com a direção da crista de berma natural da praia, ou seja, para a obra

costeira funcionar, é necessário que ela se assemelhe à região costeira de forma o mais natural possível.

Estampa 17 - Fotos da rede de drenagem de águas pluviais, coordenadas 289630,66/9098036,51UTM, limite entre os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife. A tubulação se encontra no lado de Jaboatão dos Guararapes. **(A)** Foto com a visão do calçadão em direção ao mar. **(B)** Foto com a visão da praia para o calçadão.



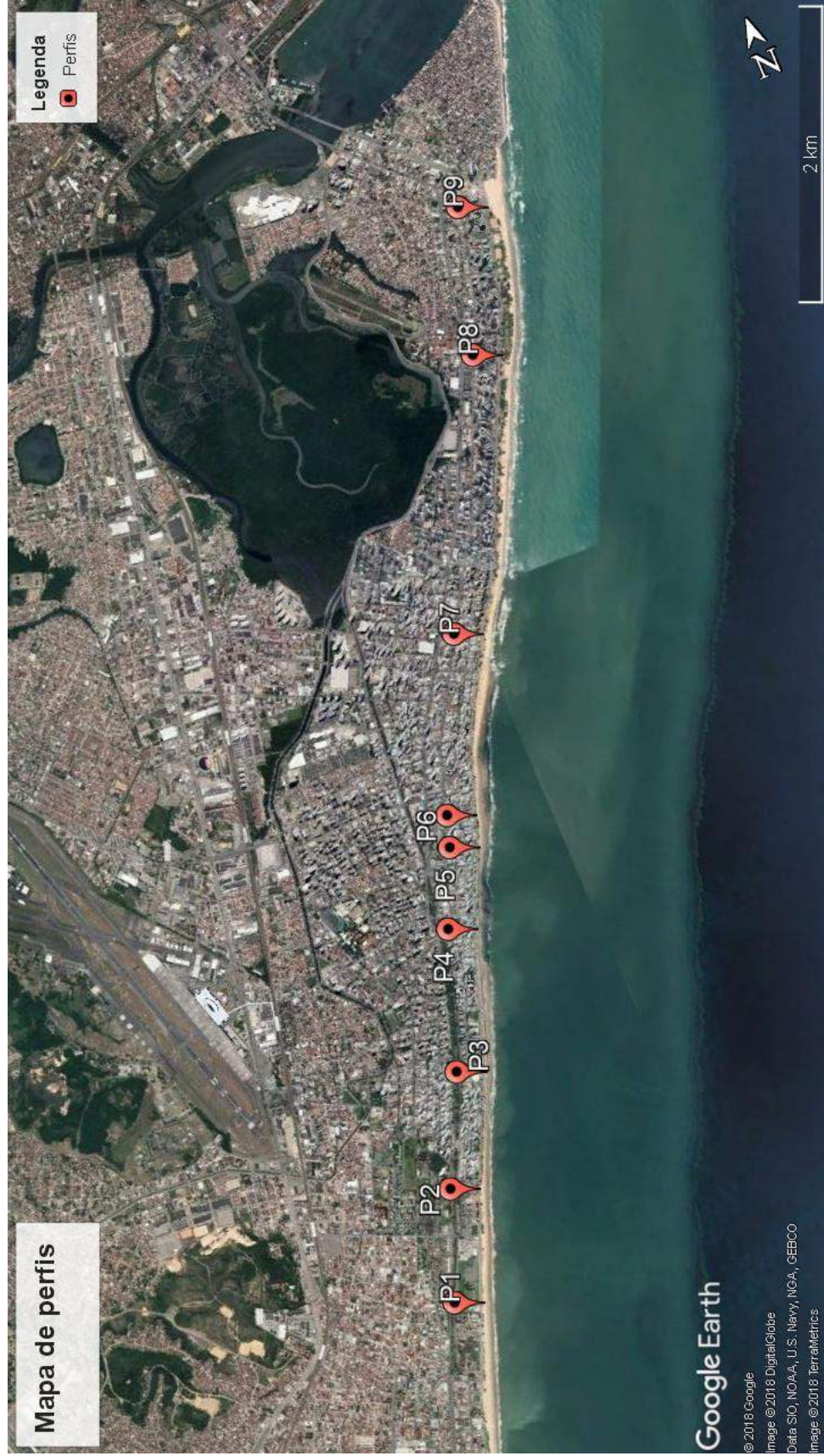
Fonte: Autora (2019).

Foto 9 - Foto Panorâmica da obra de engenharia de costeira, muro e enrocamento aderente, que nesse ponto contribui para a estabilização da praia, com a deposição de sedimentos. Coordenadas 289929,99/909876UTM. Esse ponto fica próximo ao Perfil Praia 2.



Fonte: Autora (2019).

Mapa ilustrativo 7 - Mapa de localização dos nove perfis transversais localizados nas praias de Boa Viagem e Pina, Recife. Pernambuco.



Fonte: Modificada de Google Earth (2018).

O Perfil Praia 3, localizado em frente ao Parque Dona Lindu, na Avenida Boa Viagem, é marcado pela obra costeira de muro, enrocamento aderente e pós-praia artificial. Foi estabelecido nesse local por ser o ponto mais crítico da erosão costeira de Boa Viagem, devido à ausência dos arenitos de praia (*beachrocks*).

Nesse ponto, o enrocamento não apresenta processos de deposição sedimentar, e, além disso, a praia e a pós-praia apresentam uma inclinação acentuada, indício de ondas frontais e de alta energia, que acentuam a erosão costeira, além do avanço da urbanização na linha de costa.

Provavelmente, se o muro e o enrocamento seguissem a direção da escarpa de berma, medida no perfil 1, sedimentos estariam sendo depositados nesse local.

Estampa 18 - Perfil Praia 3. **(A)** Foto da lateral do Perfil Praia 3, em frente ao Parque Dona Lindu, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem, pós-praia artificial, proveniente de engorda, muro de contenção e enrocamento aderente. Não ocorre deposição de sedimentos nesse ponto. **(B)** Em frente ao Edifício Rio Araguaia, 5802, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem, próximo ao Perfil Praia 4. Nesse ponto ocorrem deposição de sedimentos sobre o enrocamento aderente e se percebe que a escada, de acesso à praia, está sendo aterrada pelo sedimento.



Fonte: Autora (2019).

O Perfil Praia 4 é marcado pelo avanço da linha de arenitos de praia (*beachrocks*), na maré baixa, e pelas obras de engenharia costeira, muro e enrocamento aderente. Mesmo com as obras costeiras, e uma sedimentação visível no enrocamento, a praia teve um balanço negativo de  $99,47\text{m}^3/\text{m}$ , durante os vinte anos entre os perfis. Isso indica que em 1998, o processo erosivo costeiro estava no início.

Mesmo ocorrendo processos deposicionais, ao ponto que, as escadas, de acesso à praia, estão sendo aterradas. Isso, significa que a intervenção antrópica não

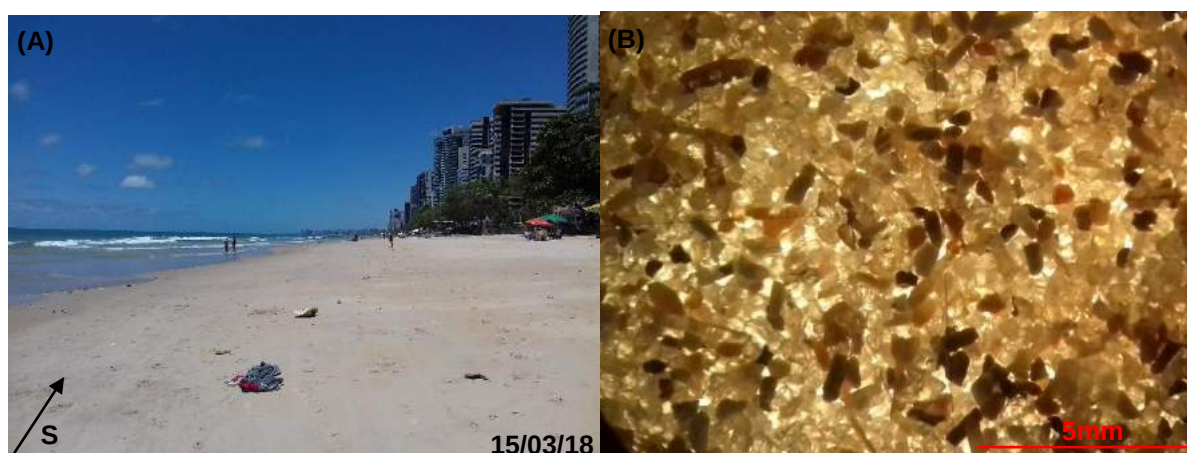
está conforme a morfologia da praia. O aporte sedimentar e a estabilização da praia estão lentos.

O Perfil Praia 5 é marcado pelo final das obras costeiras, pós-praia artificial, muro e enrocamento aderente e a ocorrência dos arenitos de praia (*beachrocks*).

Nesse ponto ocorre deposição e retirada de sedimentos costeiros sazonalmente. Houve uma variação sedimentar negativa de  $109,48\text{m}^3/\text{m}$  em 8 meses, equivalente ao período chuvoso. Entretanto, a praia e a antepraia apresentam uma inclinação acentuada, indício de que há uma erosão costeira, provavelmente ocasionada por correntes de refluxo.

O Perfil Praia 6 é marcado pela praia se estabilizando, sazonalmente, devido a ocorrência dos arenitos de praia (*beachrocks*) que capturam dos sedimentos. Houve uma variação sedimentar negativa de  $132,86\text{m}^3/\text{m}$  em 8 meses, equivalente ao período chuvoso. Os sedimentos são de origem marinha e de areias finas com altos teores de carbonatos,  $\text{CaCO}_3$ . A ante-praia possui teor de 28,41% de  $\text{CaCO}_3$  e a praia teor de 15,40%  $\text{CaCO}_3$ . Como a areia é fina, a taxa de percolação da água na praia é menor, portanto, as correntes de refluxo são fracas para removerem os sedimentos da praia e ante-praia, dando uma impressão de praia estabilizada.

Estampa 19 - Perfil Praia 6. **(A)** Foto lateral do Perfil Praia 6, localizado em frente ao Edifício Villa Lobos, 4268, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. **(B)** Foto de lupa monocular, lente 2x, Areia fina, grãos aciculares, boleados brilhantes (devido ao transporte por água) e grãos arredondados foscos (devido ao transporte eólico). Também ocorrem espículas, entre outras partículas biogênicas.



Fonte: Autora (2019).

O Perfil Praia 7 é onde se inicia o Campo de Dunas, que se estende até o Polo Pina, apresentou uma variação sedimentar negativa de  $269,95\text{m}^3/\text{m}$  no período de 8 meses, a duna está sendo escarpada, e a vegetação está cada vez mais escassa, devido a ação antrópica para limpeza urbana, para montagem de barracas na praia e continuamente pisoteada durante a passagem dos banhistas. Além disso, a antepraia apresentou uma inclinação acentuada e um processo erosivo, quando comparado os perfis de março de 2018 e dezembro de 2018.

A areia da duna é fina, moderadamente selecionada e composta por partículas quartizíticas, arredondas opacas (transporte eólico), e também boleadas brilhantes (influência do transporte marinho).

A duna tem apenas 5,83% de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , ou seja, é de ambiente deposicional eólico, mais um motivo para a preservação da restinga, para manutenção e conservação dessa duna, e das outras.

Estampa 20 - Duna que marca o início do campo de dunas, que se estende da Praia de Boa Viagem até o Polo Pina, Praia Pina. **(A)** Foto da lateral da duna, março/2018, com gramíneas no topo, e mesmo ela deformada, ainda apresenta o formato em barcana. O *pisoteamento* desestabiliza a duna. **(B)** Foto da Foto da lateral da duna, dezembro/2018, a duna perdeu volume lateral, e com a vegetação seca e escassa. A limpeza urbana da cidade de Recife, quebra as dunas para evitar que a *areia da praia* invada o calçadão e a avenida, isso é uma erosão antrópica.



Fonte: Autora (2019).

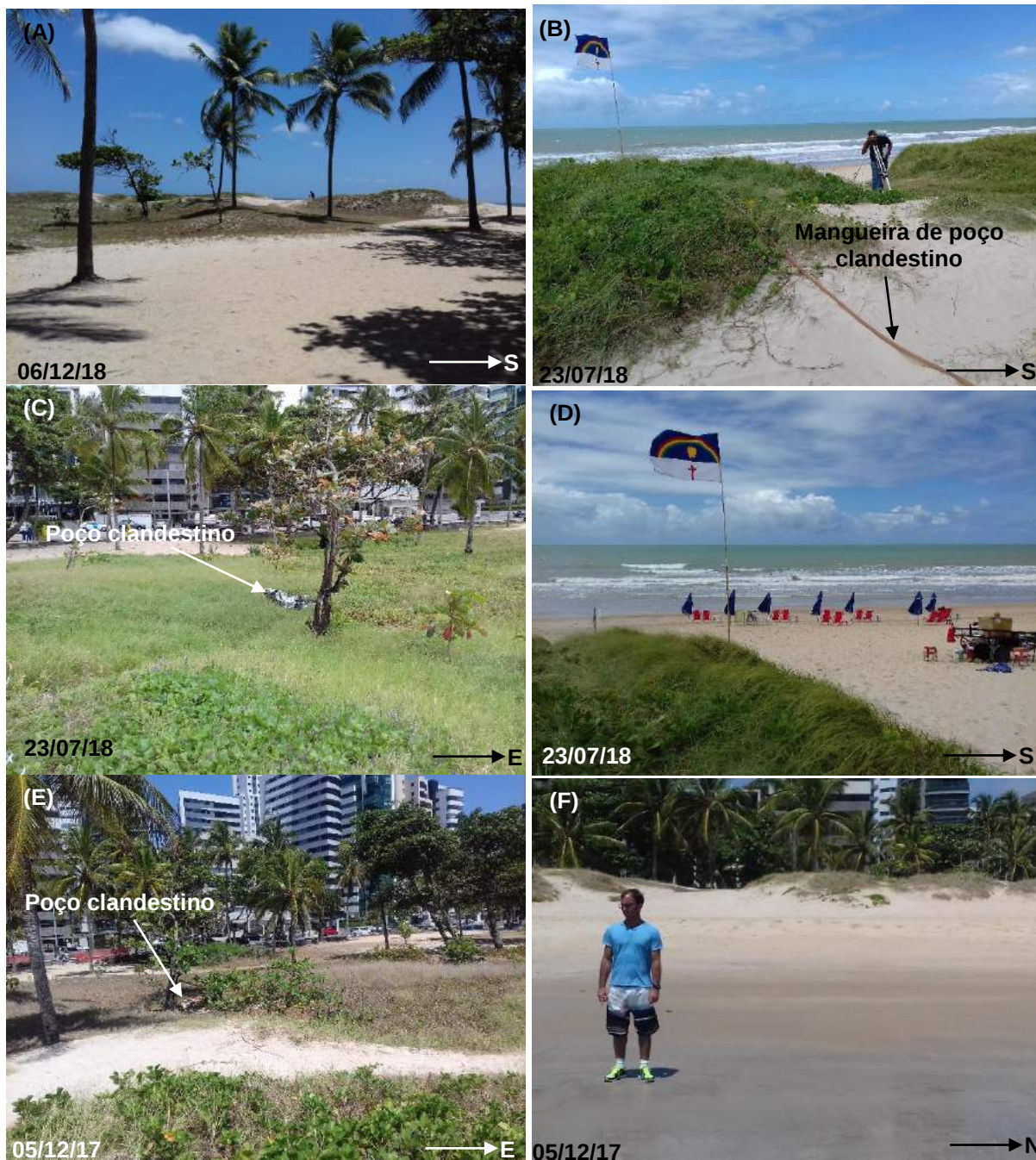
O Perfil Praia 8 apresenta uma variação sedimentar negativa de  $380,0\text{m}^3/\text{m}$  no período de um ano, devido à erosão antrópica sobre a duna, causada pela passagem de comerciantes e de banhistas, o *pisoteamento* desestabiliza a duna, e também, a construção de poços artesianos clandestinos.

A duna serve de recarga para o lençol freático, e a retirada indiscriminada d'água é um motivo para o recalque dunar, pois deixa vazios entre os grãos, e com isso, facilita a ação dos ventos para a retirada deles, e também, contribui para a mortalidade da vegetação de restinga, impossibilitando a sustentação dunar.

A duna apresentou 12,18% de  $\text{CaCO}_3$ , e significa que o ambiente deposicional é eólico e marinho. A areia é fina e bem selecionada, mas devido à ação antrópica o perfil teve um recalque expressivo em um ano. Somando-se a isso, todo o perfil apresentou teores altos de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , os quais deixam a areia mais leve, e de fácil remobilização pela ação eólica e marinha durante o período chuvoso.

Mesmo com a ocorrência dos arenitos de praia (*beachrocks*) a praia e antepraia apresentaram uma inclinação acentuada, se comparadas com o perfil 7. Isso indica processo erosivo costeiro, provavelmente pela ação de ondas com alta energia, durante o inverno. Supõe-se que no período de estiagem, essa inclinação deverá ser atenuada com a deposição de sedimentos.

Estampa 21 - Perfil Praia 8. **(A)** Foto de 06/12/18, vista da duna com a vegetação de gramínea e restinga escassas. Também, observa-se caminhos feitos por comerciantes de barracas e banhistas. O *pisoteamento* desestabiliza a duna. **(B)** Foto de 23/07/18, vista do topo da duna apresentando caminhos, e também, uma mangueira, de poço clandestino, que sai da base da duna até a praia para consumo de barraca e de banhistas. **(C)** Foto de 23/07/18, poço artesiano clandestino na base da duna, o comerciante tenta esconder o poço e a mangueira entre vegetação. A duna serve de recarga para o lençol freático, e a retirada indiscriminada d'água ocasiona o recalque dunar. **(D)** Foto de 23/07/18, mostra as barracas na praia, e o carrinho de transporte. Esses carrinhos dos comerciantes de praia ocasionam os caminhos entre as dunas. **(E)** Foto de 05/12/19, mostra o mesmo poço clandestino em julho de 2018, ou seja, foram seis meses esse poço funcionando. **(F)** Foto de 23/07/18, com a vista frontal da duna, e os caminhos feitos pelos comerciantes e banhistas.



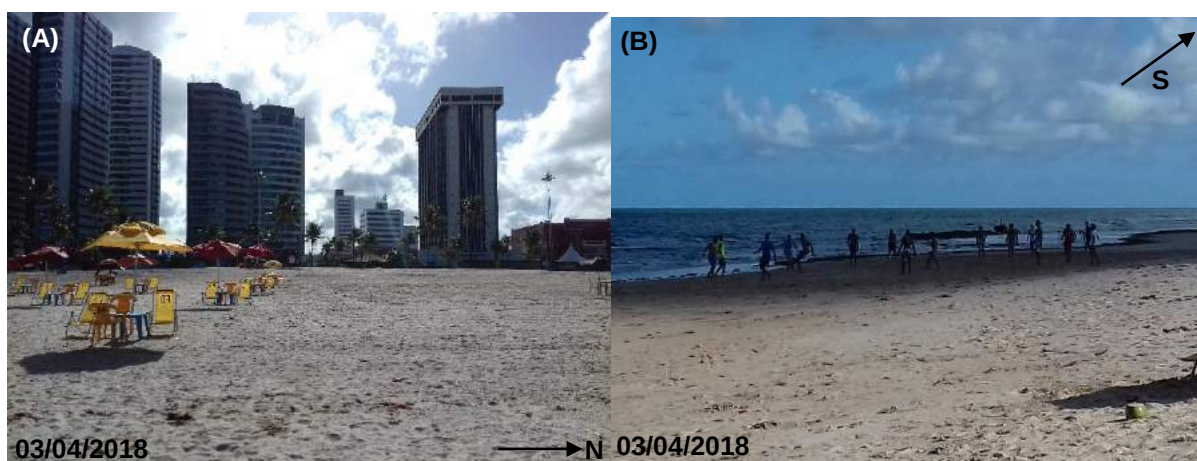
Fonte: Autora (2019).

O Perfil Praia 9 é marcado por uma engorda de praia artificial. Está localizado no Polo Pina, Av. Boa Viagem, Praia do Pina e no final do Campo de Dunas.

O Polo Pina, certamente, já fez parte do campo dunar e continha vegetação de restinga. Entretanto, fizeram na pós-praia, uma área para eventos públicos, que serve de espaço para construção de grandes palcos e área para o público apreciar esses eventos.

No período de oito meses a morfologia costeira do Polo Pina teve modificações, passou a ser uma área mais aplainada e teve uma variação sedimentar negativa de  $537,21\text{m}^3/\text{m}$ , ocorreu uma intervenção urbana para às festas do final do ano de 2018.

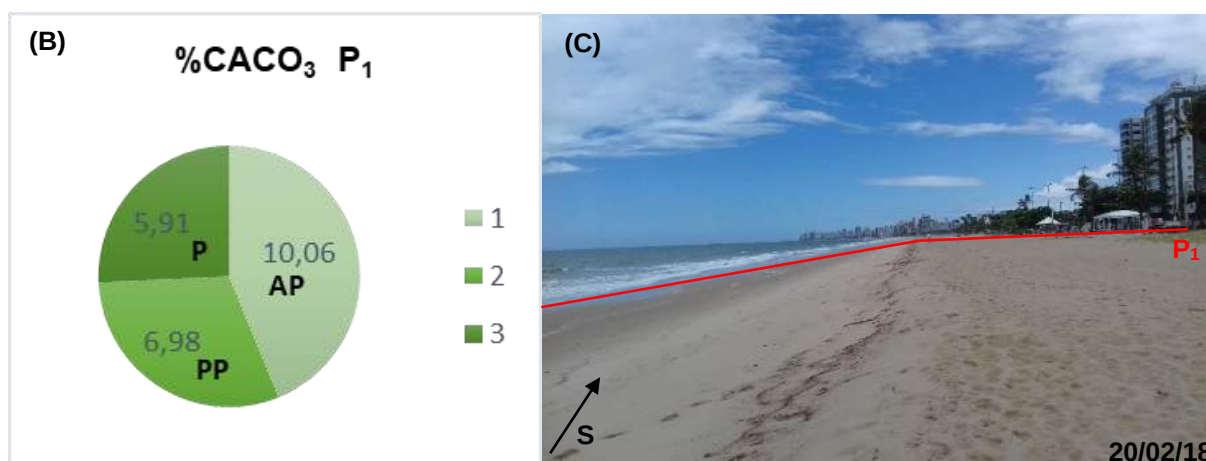
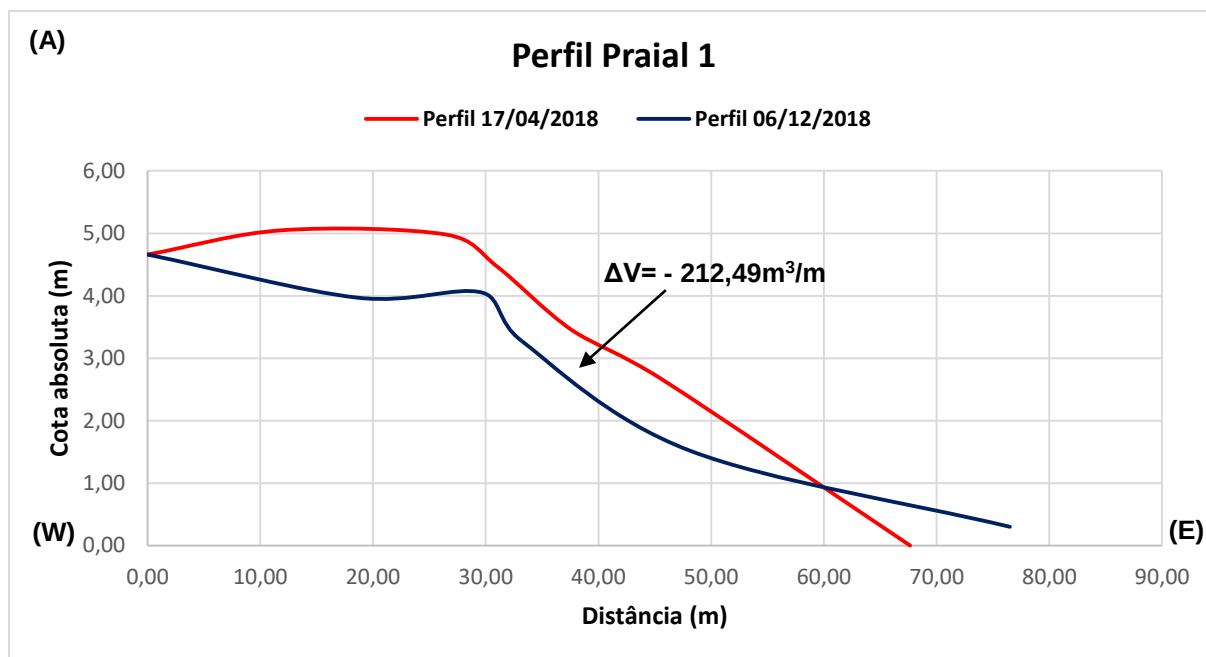
Estampa 22 - Perfil Praia 9. **(A)** Vista do aplainamento e da engorda artificial da pós-praia, para a realização dos eventos públicos. **(B)** Vista da praia, antepraia e dos arenitos de praia (*Beachrocks*).



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.1 Perfil Praia 1

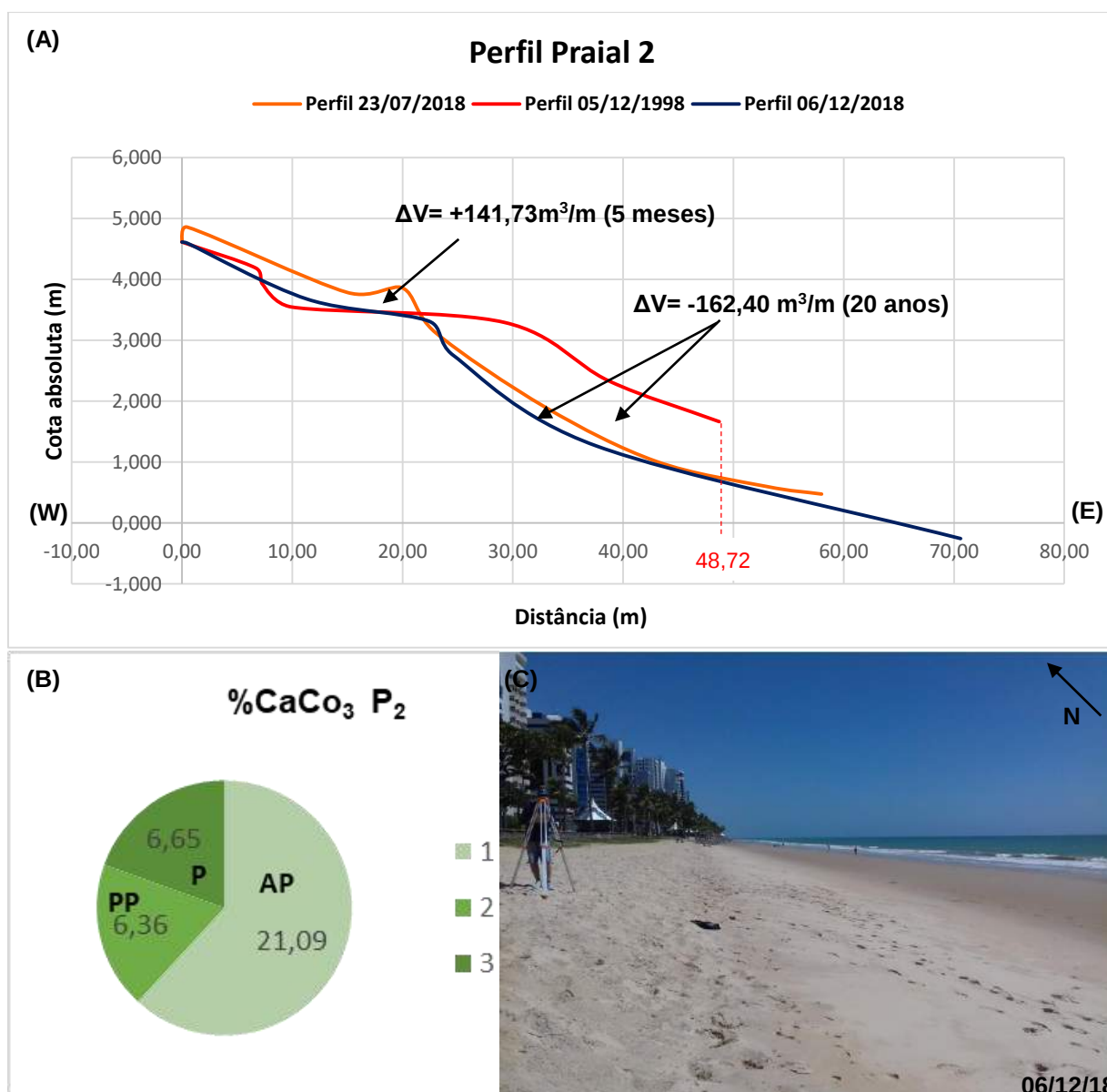
Estampa 23 - Perfil Praia 1, localizado no limite entre Jaboatão dos Guararapes e Recife, Praia de Boa Viagem, em frente ao Marco da Associação de Pesca Amadora Clube da Vara. Coordenadas 289661,81/9098063,90 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar negativa de 212,49m<sup>3</sup>/m no período de oito meses. **(B)** Gráfico com o teor de carbonato do perfil 1, a praia possui areias carbonáticas, sendo leves, e com isso, outra contribuição para a retirada de sedimentos pelo mar, onde: PP= Pós - praia, P= Praia e AP= Antepraia. **(C)** Foto lateral do Perfil, apresentando ante praia, praia e berma, e pós-praia. A berma possui uma inclinação acentuada de 15°/115°Az, indício de praia com alta energia, consequentemente a erosão costeira.



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.2 Perfil Praia 2

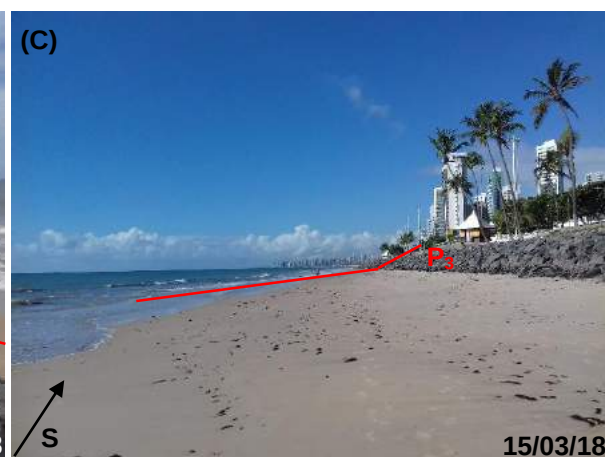
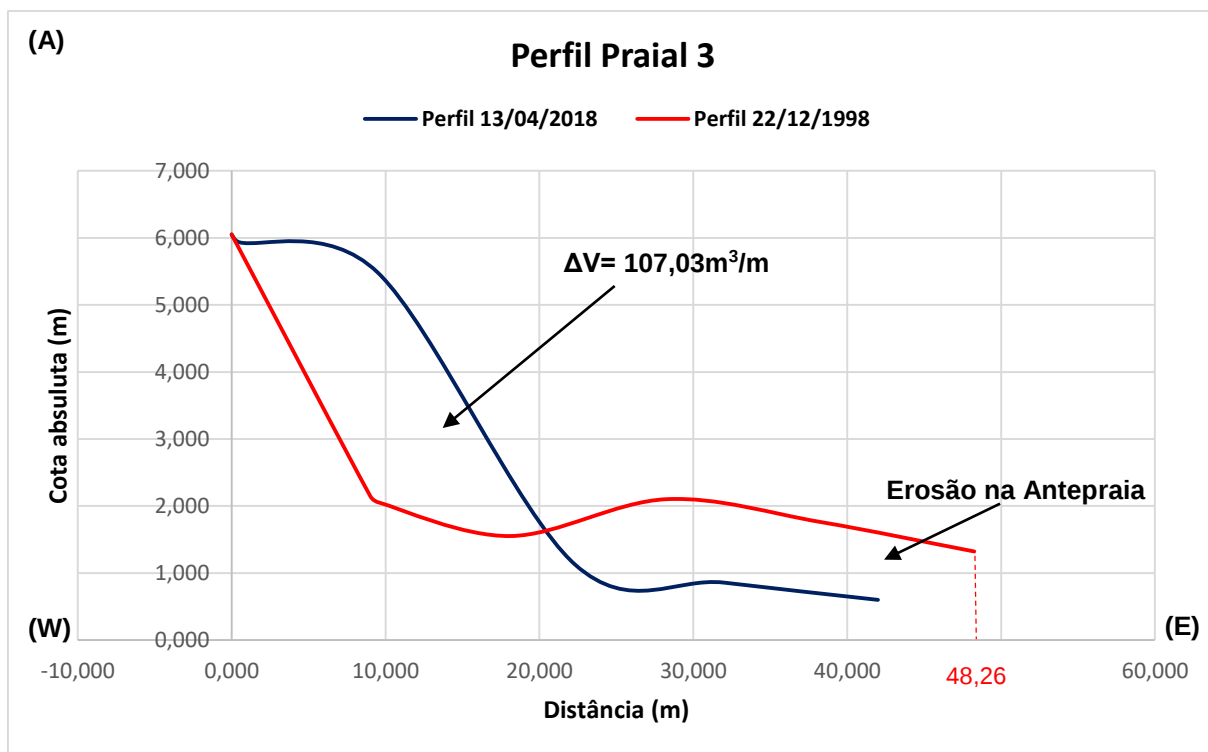
Estampa 24 - Perfil Praia 2, é marcado pelo início do enrocamento, obra de contenção da erosão costeira. Localizado em frente ao nº6814 da Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 289939,15/9098799,25 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar positiva de  $141,73\text{m}^3/\text{m}$  no período de cinco meses, e variação sedimentar negativa de  $162,40\text{m}^3/\text{m}$  no período de vinte anos. **(B)** Gráfico com o teor de carbonato do perfil 2, a praia e ante-praia possuem teores significativos de areias carbonáticas, os que as tornam leves, e com isso, a contribuição para a retirada de sedimentos pelos agentes mar e vento, onde: PP= Pós - praia, P= Praia e AP= Antepraia. **(C)** Foto lateral do Perfil, apresentando ante praia, praia e berma, e pós-praia. Detalhe na inclinação da berma de  $18^\circ/150^\circ\text{Az}$ , indício de praia com alta energia. Essa sedimentação costeira positiva é devida ao enrocamento, coberto pelos sedimentos.



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.3 Perfil Praia 3

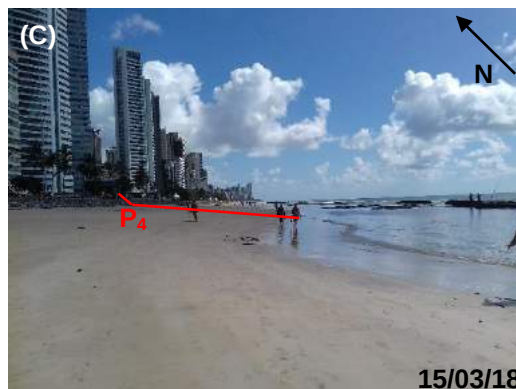
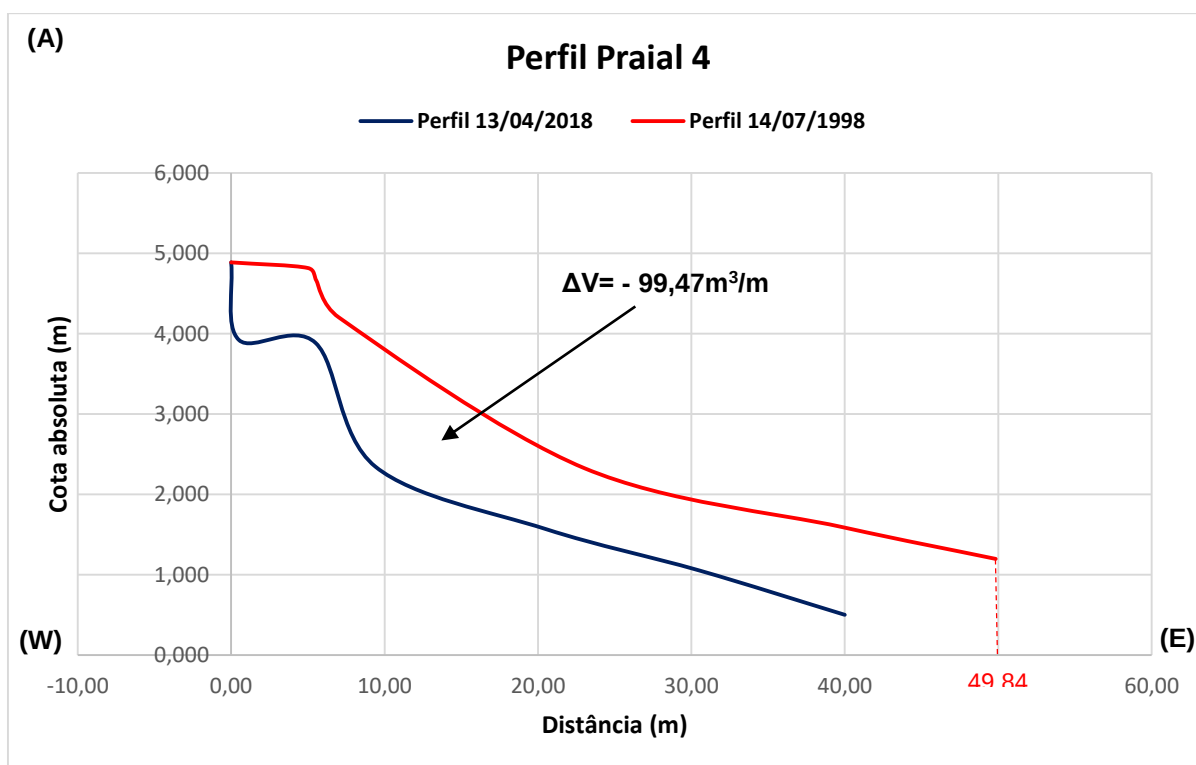
Estampa 25 - Perfil Praia 3, é marcado pelo início dos arenitos de praia (*beachrocks*) e obras de contenção da erosão costeira, muro e enrocamento aderente. Localizado em frente ao Parque Dona Lindu, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 290293,22/9099531,556 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar positiva de  $107,03\text{m}^3/\text{m}$ , de 20 anos, devido as obras costeiras do enrocamento e muro feitos no período de vinte anos. **(B)** Foto lateral do perfil apresentando muro, enrocamento aderente e pequena faixa de pós – praia artificial. **(C)** Foto lateral do Perfil, mostrando a praia com inclinação forte e o enrocamento. Neste ponto ocorre o maior índice de erosão costeira da praia de Boa Viagem.



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.4 Perfil Praia 4

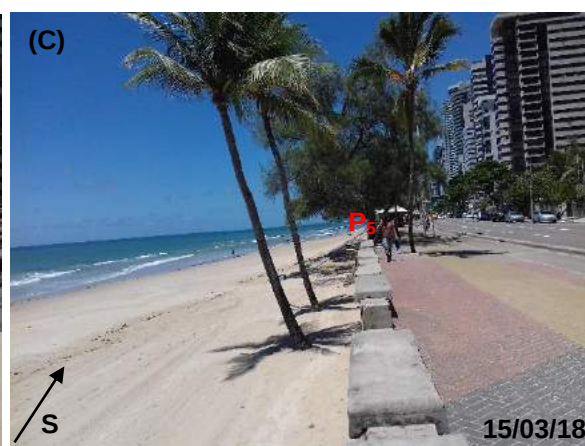
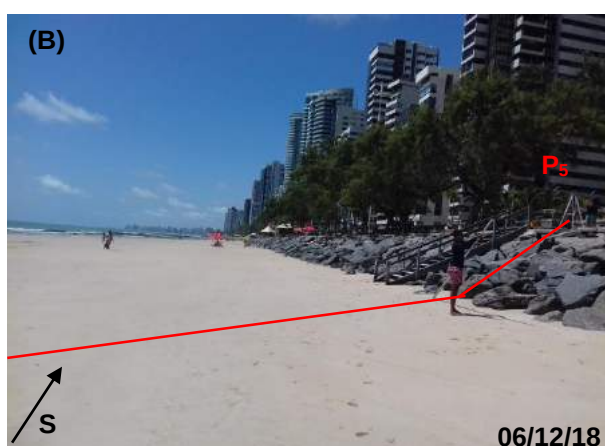
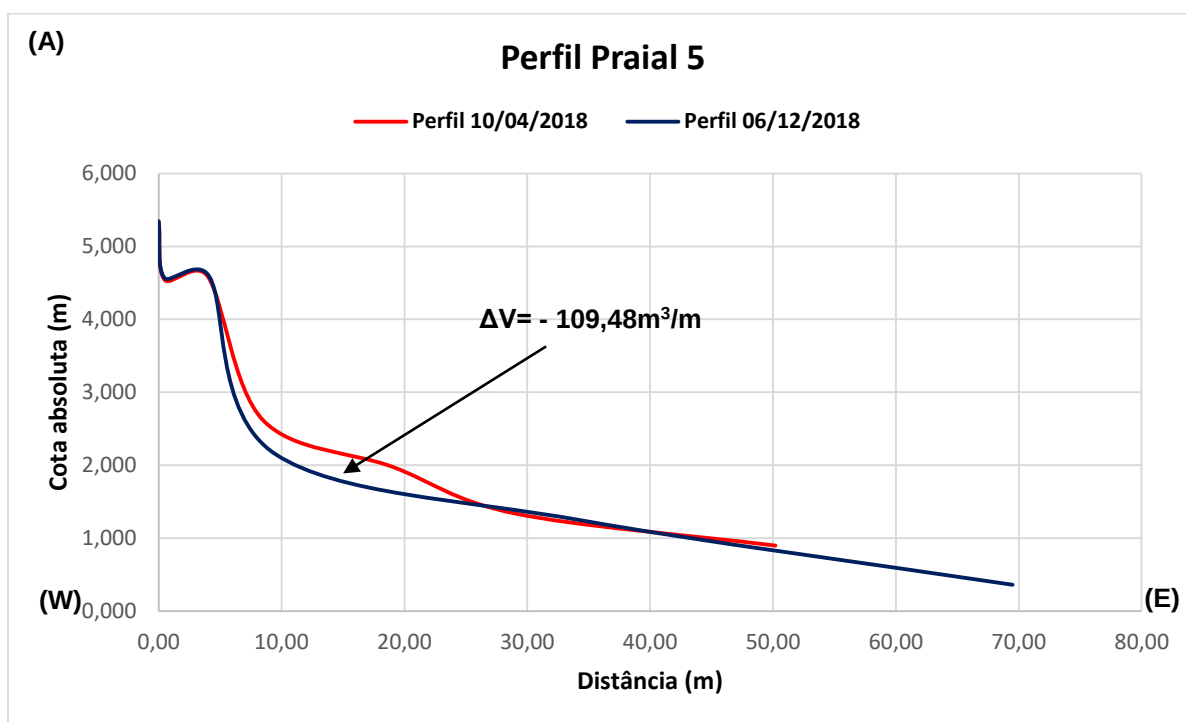
Estampa 26 - Perfil Praia 4, é marcado pelo avanço dos arenitos de praia (*beachrocks*) na antepraia e pelas obras de contenção da erosão costeira, muro e enrocamento aderente, que capturam sedimentos nesse ponto. Localizado em frente ao Edifício Luís Dias Lins, 5030, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 290621,531/9000463,634 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar, negativa de  $99,47\text{m}^3/\text{m}$ , apesar das obras costeiras do enrocamento e muro feitos no período de vinte anos. **(B)** Foto de satélite do Google earth do perfil apresentando muro, enrocamento aderente e pequena faixa de pós – praia artificial. Observa-se que na frente o muro e o enrocamento mudam de direção. **(C)** Foto lateral do Perfil, mostrando a praia com inclinação forte e o enrocamento. Observa-se, na maré baixa, o avanço dos arenitos de praia na antepraia.



Fontes: (A) Autora, 2019. (B) Modificado de Google Earth (2019). (C) Autora (2019).

### 6.1.5 Perfil Praia 5

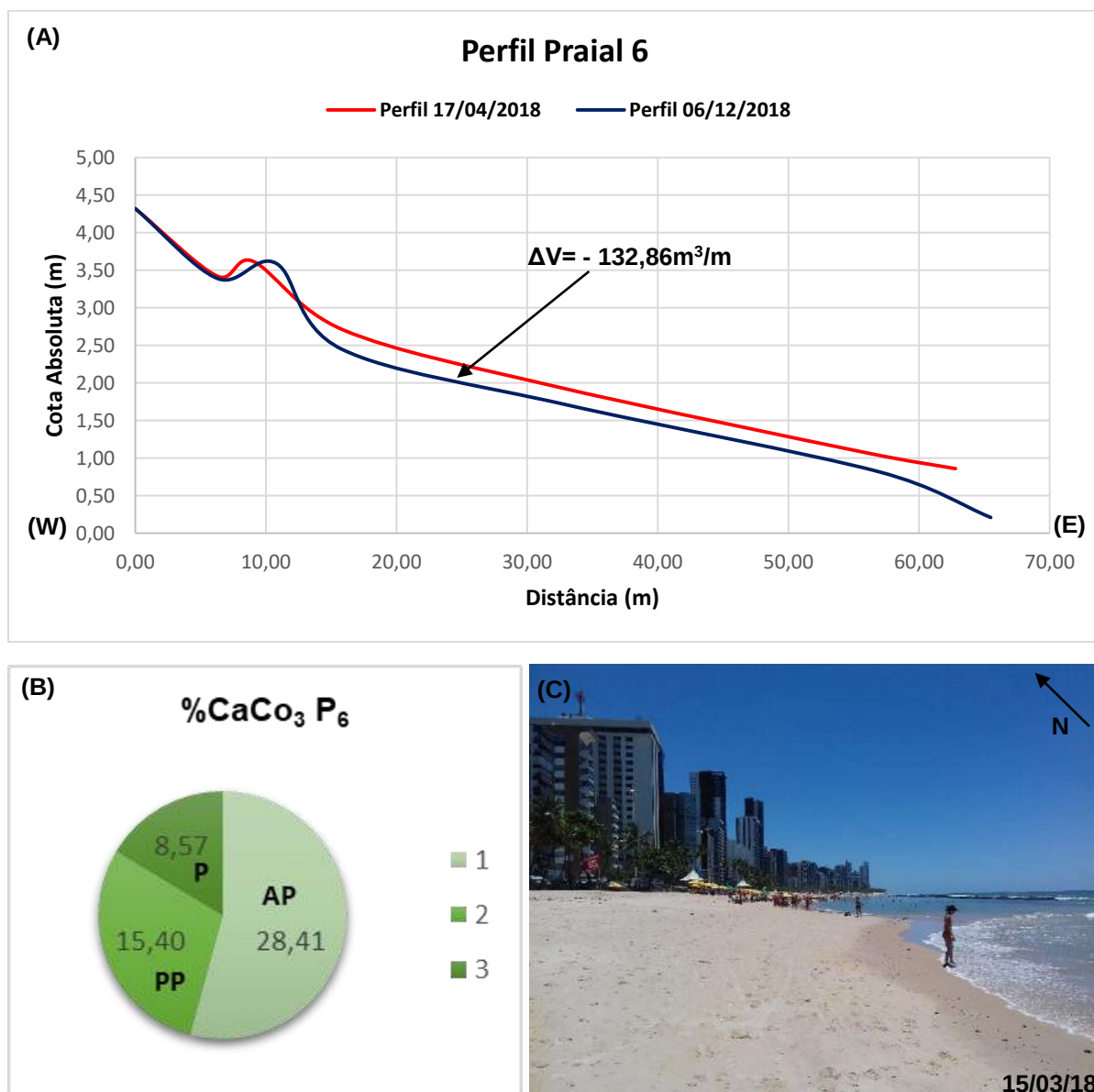
Estampa 27 - Perfil Praia 5, é marcado pelo final das obras de contenção da erosão costeira, muro e enrocamento aderente, que capturam sedimentos nesse ponto. Localizado em frente ao Edifício Castelo do Mar, 4470, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 290850,00/9100980,00 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar negativa de  $109,48\text{m}^3/\text{m}$ , observada no período de oito meses. **(B)** Foto lateral do perfil apresentando enrocamento aderente e muro. Observa-se que na frente da escada há acúmulo de sedimentos. **(C)** Foto lateral do Perfil, mostrando a praia com inclinação forte e o enrocamento sendo coberto, a poucos metros de onde foi feito o perfil 5. Apesar de ter tido um volume negativo nesse período, pode-se observar nesse ponto, que a obra costeira tem funcionado acumulando sedimentos.



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.6 Perfil Praia 6

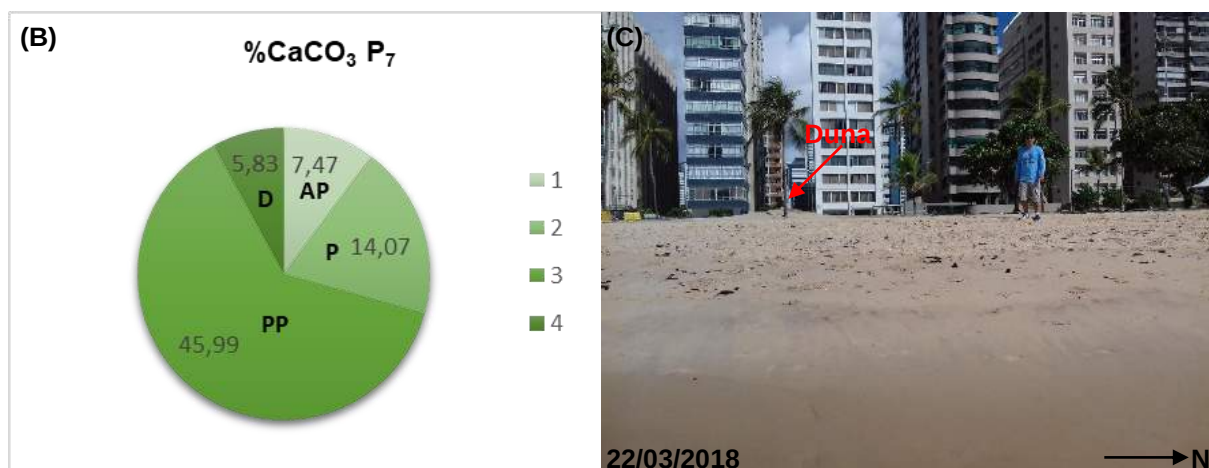
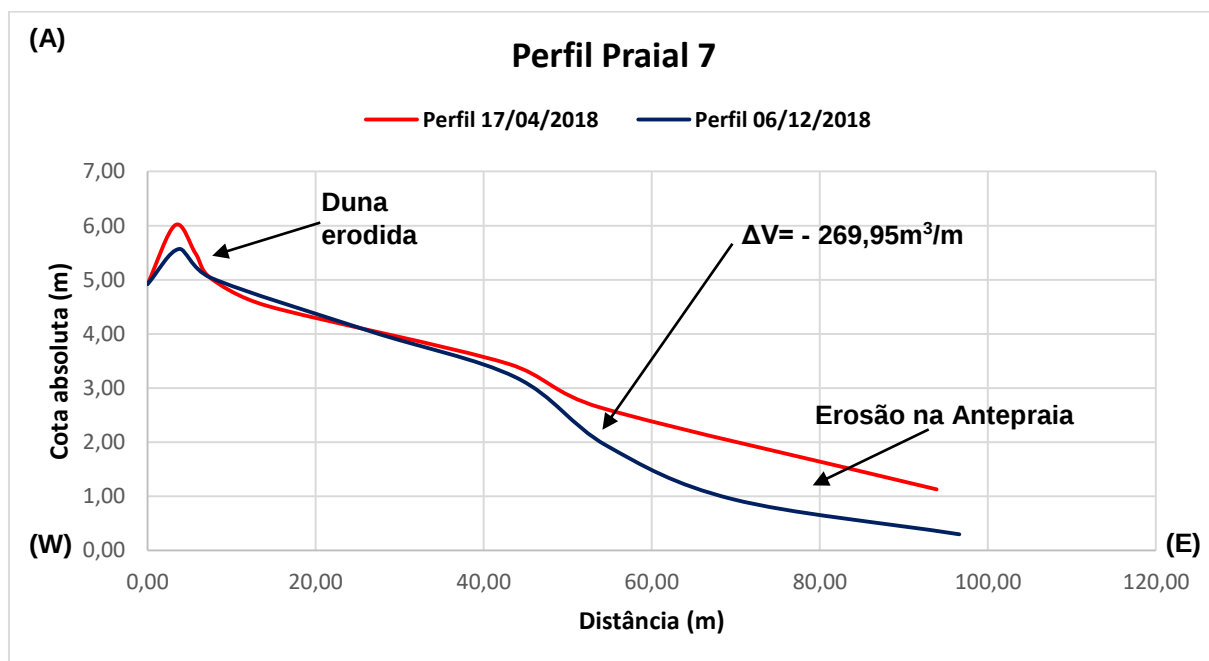
Estampa 28 - Perfil Praia 6, é marcado pela praia se estabilizando devido a ocorrência dos areitos de praia (*beachrocks*) que capturam dos sedimentos. Localizado em frente ao Edifício Villa Lobos, 4268, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 290919,00/9101192,00 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar negativa de  $132,86\text{m}^3/\text{m}$ , observada no período de oito meses. **(B)** Gráfico com o teor de carbonato do perfil 6, a praia e ante-praia possuem altos teores de areias carbonáticas, os que as tornam leves, e com isso, a contribuição para a retirada de sedimentos pelos agentes mar e vento. Onde: PP= Pós - praia, P= Praia e AP= Antepaia. **(C)** Foto lateral do Perfil, mostrando a praia com inclinação  $15^\circ/115^\circ\text{Az}$ . A berma da praia é quase inexistente devido a passagem do carro de limpeza da Prefeitura Municipal de Recife, no período noturno. A retirada da berma contribui para a erosão costeira.



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.7 Perfil Praia 7

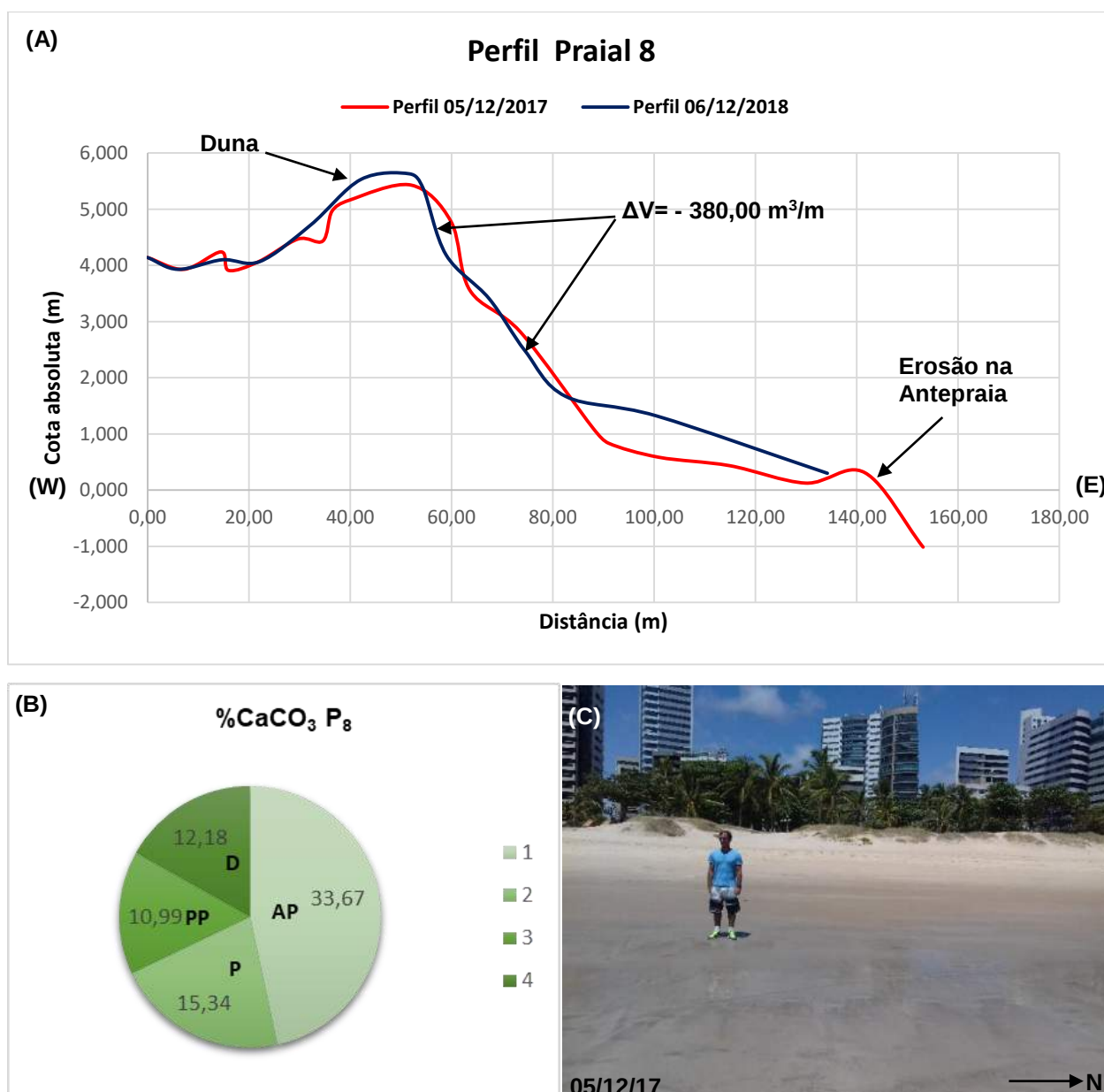
Estampa 29 - Perfil Praia 7, marcado pelo início do Campo de Dunas. Localizado em frente ao Edifício Dell Mar, 3000, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 291449,00/9102331,00 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar negativa de  $269.95\text{m}^3/\text{m}$  no período de 8 meses, detalhe no topo da duna. **(B)** Gráfico com o teor de carbonato do perfil 7, a pós - praia e praia possuem altos teores de areias carbonáticas, os que as tornam leves, e com isso, a contribuição para a retirada de sedimentos pelos agentes mar e vento. A duna, também possui teores carbonáticos, pois são de origem marinha, ou seja, o vento contribui pouco na formação dela. Onde: D=Duna, PP= Pós - praia, P= Praia e AP= Antepraia. **(C)** Foto frontal do Perfil, apresentando antepraia, praia e berma, e duna. A inclinação da berma é de  $10^\circ\text{Az}/120^\circ\text{Az}$ . A duna está desfeita, ou seja, a erosão também é causada mais pela ação antrópica. O perfil mostra uma erosão na antepraia.



Fonte: Autora (2019).

### 6.1.8 Perfil Praia 8

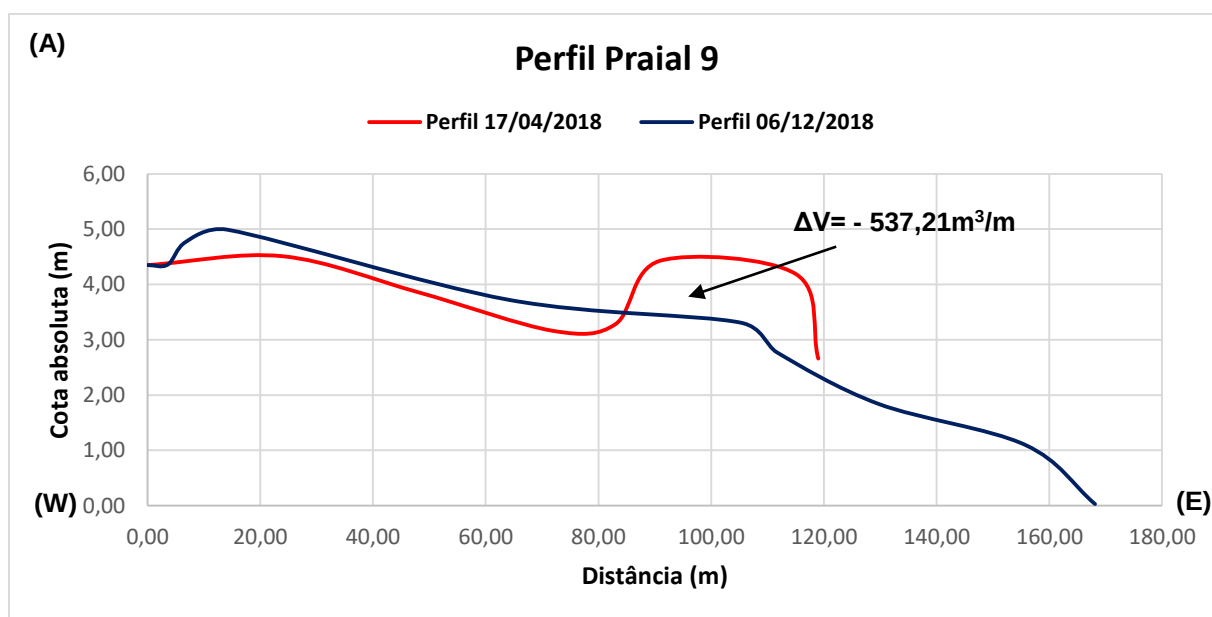
Estampa 30 - Perfil Praia 8, localizado no I Jardim de Boa Viagem, em frente ao Marante Plaza Hotel, praia de Boa Viagem. Coordenadas: 292317/9104057UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar negativa de  $380,00\text{m}^3/\text{m}$  no período de um ano, detalhe no topo da duna. **(B)** Gráfico com o teor de carbonato do perfil 8, a praia e ante-praia possuem altos teores de areias carbonáticas, os que as tornam leves, e com isso, a contribuição para a retirada de sedimentos pelos agentes mar e vento. A duna, também possui teores significativos, pois são de origem marinha, ou seja, o vento contribui pouco na formação dela. Onde: *D*=Duna, *PP*= Pós - praia, *P*= Praia e *AP*= Antepraia. **(C)** Foto frontal do Perfil, apresentando antepraia, praia e berma, e duna. A inclinação da berma é de  $9^\circ\text{Az}/125^\circ\text{Az}$ , praia com indício de estabilização. Entretanto, a erosão é maior do que a sedimentação, devido a ação antrópica.



Fonte: Autora, 2019.

### 6.1.9 Perfil Praial 9

Estampa 31 - Perfil Praial 9, marcado pelo final do Campo de Dunas, devido ação antrópica, para a realização de festas e eventos populares. Localizado em frente ao Polo Pina, na Avenida Boa Viagem, Recife, Praia do Pina. Coordenadas 292618,00/9105042,00 UTM. **(A)** Gráfico topográfico com a variação sedimentar negativa de  $537,21\text{m}^3/\text{m}$  no período de 8 meses, detalhe na quebra das dunas, e na planície formada por retro escavadeiras. Esse valor negativo e o aplainamento do relevo, no início de dezembro, foi devido as festas de final de ano, que nesse local houveram. **(B)** Foto lateral do perfil mostrando as dunas que foram desfeitas para o espaço de eventos no Polo Pina. **(C)** Foto frontal do Perfil, apresentando um plato praticamente uniforme e sem distinção de praia e pós - praia. A atitude da praia é  $10^\circ\text{Az}/7^\circ/190^\circ\text{Az}$ , praia estabilizada devido engorda artificial. As dunas foram desfeitas para a construção do Polo Pina e área de festas no pós-praia.



Fonte: Autora, 2019.

## 6.2 GRANULOMETRIA

### 6.2.1 Significado dos parâmetros estatísticos dos sedimentos praias

A importância do estudo da granulometria dos sedimentos é a de auxiliar em projetos de recuperação das praias através da alimentação artificial de sedimentos. Portanto, esse estudo fornecerá subsídios ao planejamento ambiental da área pesquisada, e com isso promover a manutenção e a recuperação das áreas erodidas.

A granulometria consiste na análise dos grãos, determinada através do peso de cada classe dimensional considerada, pelo seu volume, ou ainda pelo número de partículas integradas em cada classe. Com isso, a análise gera estudo estatísticos baseados nesse parâmetros, que no final, permitirão deduzir sobre a proveniência das rochas que lhes deram origem, sobre o transporte e sobre os ambientes deposicionais.

Os parâmetros granulométricos incluem além da média, da mediana e da moda, outros parâmetros estatísticos como o selecionamento, a assimetria e a curtose.

A média ou diâmetro médio ( $\bar{\phi}$ ) consiste no tamanho médio das partículas. Geralmente, a granulometria dos sedimentos de praia, em geral, varia de areia muito fina a média, os sedimentos tamanho areia tendem a se acumular em ambientes de alta energia de ondas.

O selecionamento ou grau de seleção é uma medida de dispersão da amostra, ou seja, o desvio padrão ( $s$ ) da distribuição de tamanho. Sedimentos bem selecionados implicam em grãos com pequena dispersão dos seus valores granulométricos, ou dos valores das medidas de tendência central. Com o aumento do transporte ou da agitação do meio as partículas de diferentes tamanhos tendem a ser separadas por tamanho. Em uma praia, o grau de seleção reflete as características dos sedimentos que são transportados para a zona costeira e seu posterior retrabalhamento pela ação de ondas, marés, espraçamento (*swash*) e ventos. Segundo Folk (1974), os sedimentos praias derivados de uma mesma fonte serão mais bem selecionados do que sedimentos fluviais, devido à atuação dos agentes costeiros. E Também, Martins (2003) afirma que os sedimentos de praia, em geral, são moderadamente a bem selecionados, enquanto que os sedimentos eólicos são bem a muito bem selecionados.

A assimetria representa o grau de deformação da curva de frequência simples para a direita ou para a esquerda, analisando-se a relação entre a moda, a média e a mediana. (DIAS, 2004). Quando os valores da moda, da média e da mediana forem iguais, a distribuição é considerada simétrica. No caso desses valores serem diferentes, a distribuição é assimétrica. A assimetria positiva ocorre quando o valor da média é superior ao valor da mediana que por sua vez é superior ao valor da moda. Nesse caso, a cauda da curva de distribuição é mais acentuada para direita (grãos mais finos). A assimetria negativa ocorre quando o valor da média é inferior ao valor da mediana que por sua vez é inferior ao valor da moda. Nesse caso, a cauda é mais acentuada para a esquerda (grãos mais grossos). (ANDRIOTTI, 2003) Na análise de sedimentos, Duane (1964) diz que a assimetria é um parâmetro intrínseco ao ambiente de deposição e, que areias de praia têm assimetria negativa, enquanto que areias de rios e dunas, assimetria positiva. Enquanto que, Mason & Folk (1958) afirmaram que a assimetria e a curtose são os parâmetros que melhor definem os ambientes de deposição.

## 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA GRANULOMETRIA

### 6.3.1 Diâmetro médio

Os sedimentos foram classificados, predominantemente, como areia muito fina (5,9%), areia fina (70,59%) e areia média (23,52%).

A maior quantidade das areias finas constituem as praias e dunas.

As areias muito finas são provenientes ação eólica, entretanto a erosão costeira é outro processo que permite o fornecimento de material de depósitos sedimentares costeiros recentes (retrabalhados), e geralmente são depósitos arenosos e quartzíticos. Com frequência, por causa do recuo da linha de costa, os depósitos erodidos são dunares.

### 6.3.2 Selecionamento

Os sedimentos foram caracterizados, predominantemente, como moderadamente selecionados (52,94%), pobremente selecionados (11,76%) e bem selecionados (32,29%).

Os sedimentos moderadamente selecionados indica um ambiente com dois agentes deposicionais, o eólico e o marinho. Os pobremente selecionados podem ser de origem recente oriundos próximos a fonte, salienta-se que, a praia de Boa Viagem tem rochas expostas do enrocamento, as quais podem ser uma possível fonte local, e também, os sedimentos oriundos do engordamento artificial feito nas praias ao Sul, no município de Jaboatão dos Guararapes, que foram remobilizados pelas ondas, correntes costeiras e marés. Outro fator para o transporte de sedimentos pobremente selecionados são os pontos de despejos da rede de drenagem de águas pluviais, como observado no Perfil 1, dependendo do volume de água drenado nas praias, por vezes esses dutos podem ser fazer de rios, mascarando assim o aporte sedimentar da praia.

### 6.3.3 Assimetria

As curvas de distribuição granulométrica dos sedimentos foram caracterizadas como simétricas (23,53%), assimétricas positivas (23,53%), assimétricas muito positivas (29,41%), assimétricas negativas (5,88%) e assimétricas muito negativas (17,65%). A assimetria de uma distribuição granulométrica traduz a posição da mediana em relação à média aritmética (FOLK & WARD, 1957). Um valor positivo para assimetria indica um excesso de partículas finas. Em contraste, uma assimetria negativa significa um excesso de partículas mais grossas.

A assimetria positiva apresentou-se mais elevada do que a negativa, corroborando com diâmetro médio, de areia muito fina e areia fina, indicando os dois ambientes sedimentares, eólico e marinho.

#### 6.3.4 Curtose

As amostras de sedimentos apresentaram curvas platicúrticas (17,65%), curvas mesocúrticas (11,76%), curvas leptocúrticas (17,65%), e, predominantemente, curvas muito leptocúrticas (52,94%).

Os limites segundo a classificação de FOLK E WARD (1967) são de < 0.67 para amostras muito platicúrticas, entre 0.67 e 0.90 para amostras platicúrticas, as amostras mesocúrticas situam-se entre 0.90 e 1.11, entre 1.11 e 1.50 para amostras leptocúrticas e acima de 1.50 as amostras são muito ou extremamente leptocúrticas.

Esses limites sugerem agentes deposicionais, quando platicúrtica pode indicar mistura de populações diferentes, e transporte. Quando leptocúrtica, pode indicar sedimento praial e remoção de alguma fração por meio de correntes de fundo ou outros agentes deposicionais. Sedimentos mesocúrticos são de origem eólica e fluvial.

Valores de curtose altos ou baixos indicam que o material foi transportado de uma determinada área fonte e depositado sem perder suas características originais.

A curtose também reafirma que os sedimentos são praias de origem eólica e marinha, mas que também em pequena porcentagem são sedimentos retrabalhados e originados próximos das fontes, e remobilizados pelas correntes, ondas e marés.

#### 6.4 CONCLUSÕES SOBRE A GRANULOMETRIA

Os sedimentos dos perfis da praia de Boa Viagem que estão tendo processos deposicionais naturais são provenientes de dois agentes, os eólico e marinho, entretanto o agente marinho é o que predomina, uma vez que as amostras coletadas apresentaram um grande valor de carbonatos,  $\text{CaCO}_3$ .

Além disso, através dos perfis 1 e 2, foi possível verificar que, uma pequena parte desses sedimentos são provenientes do enrocamento da Praia de Boa Viagem, e também, do engordamento artificial realizado nas praias ao Sul, do município de Jaboatão dos Guararapes.

## 6.5 GEOLOGIA AMBIENTAL

### 6.5.1 Campo de dunas

Durante as etapas de campo de pesquisa foi feito um levantamento de um campo dunar nas praias de Boa Viagem e Pina, e foi definido como Campo de Dunas, com início em frente ao Edifício Del Mar, nº 3000, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem, e o término, próximo ao Polo Pina, sua extensão é aproximadamente de três quilômetros.

As dunas são feições geomorfológicas naturais encontradas depois do pós-praia que possuem uma importante função de defesa do continente. Quanto mais altas e densamente vegetadas, mais proteção contra ondas, tempestades, marés equinociais e inundações. (SHARPLES, 2006 *apud* PEREIRA, 2015)

Outro tipo de ambiente encontrado nas praias de Boa Viagem e Pina é a restinga, que também exerce a função de defesa do continente.

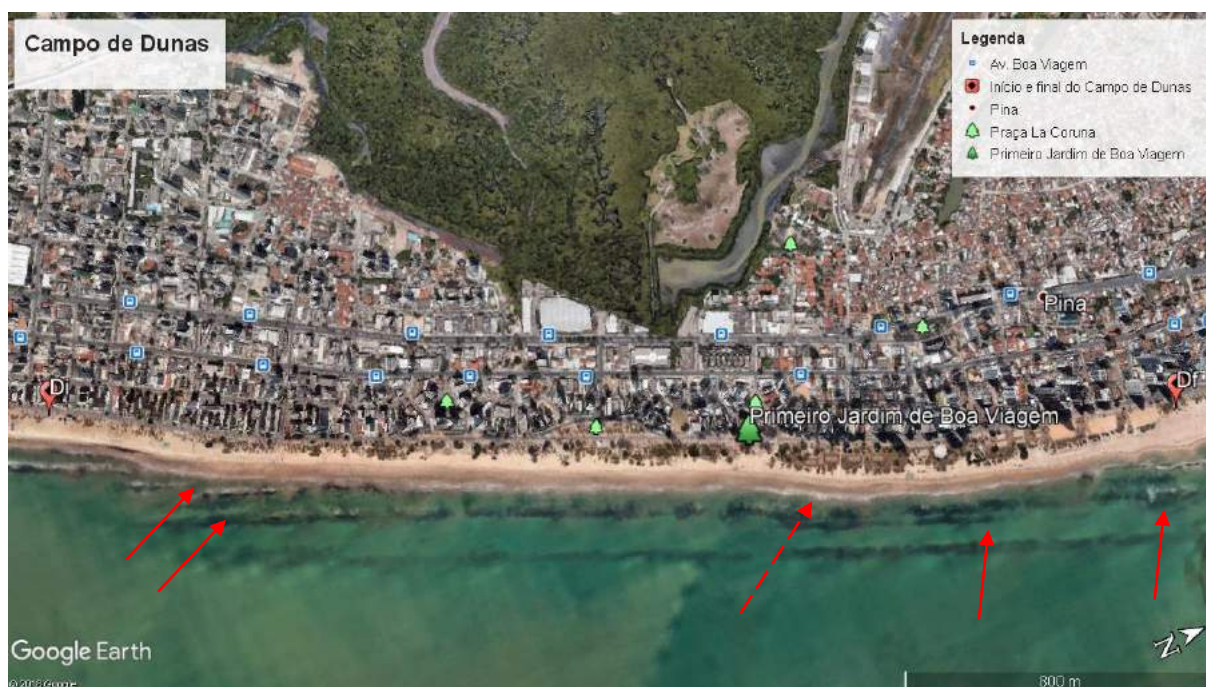
#### 6.5.1.1 Destruição das dunas

As dunas são sistemas instáveis, mesmo quando estabilizadas pela vegetação, qualquer perturbação as alteram. Ou seja, quando a vegetação é continuamente pisada a ponto de desaparecer, a areia se solta e a ação do vento abre um caminho preferencial, e se inicia um *blow-out* ou duna em ferradura, que avança rapidamente, e em casos extremos coloca em risco todo o sistema dunar e os usos a ele associados.

Outra consequência, para a desestruturação das dunas são as instalações artificiais permanentes, como as quadras esportivas, parquinhos, calçadão, ciclo faixa e pistas. A destruição total da vegetação em grandes áreas transforma uma duna fixa em uma duna móvel, sendo assim, os processos são gerados pela presença da areia e do vento e, na relação entre eles, e nas estruturas fixadas na duna.

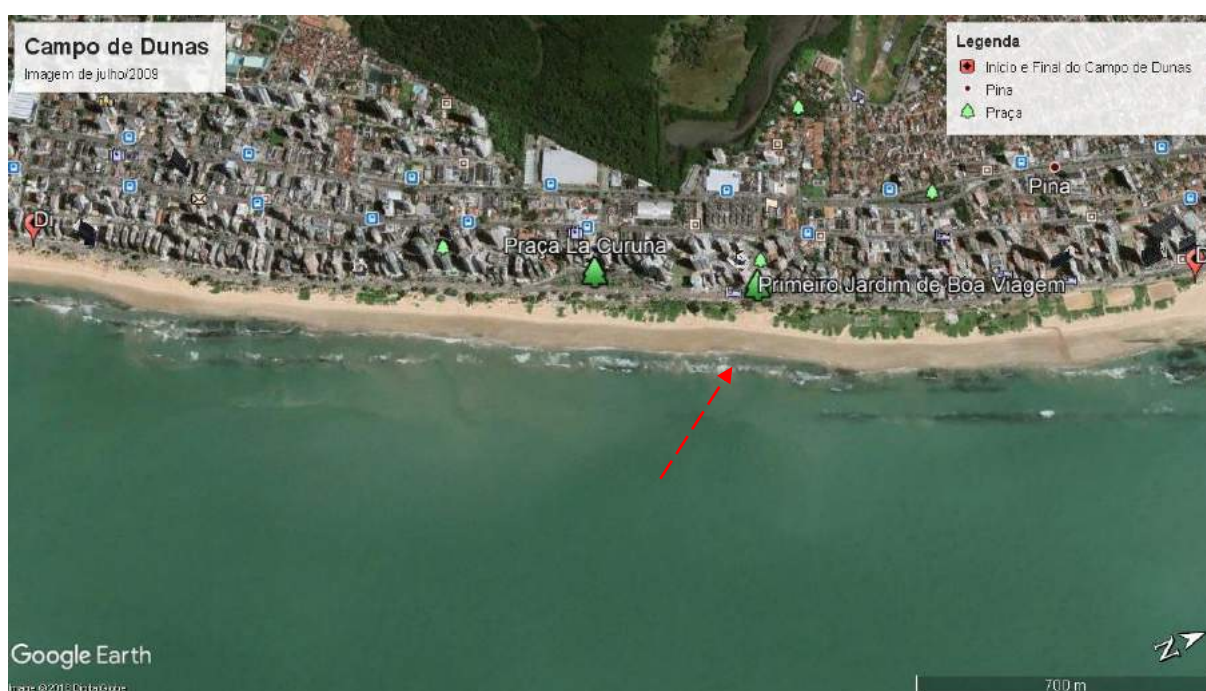
A soma desses fatores, traduz-se quase sempre na destruição da duna e, ou, da estrutura artificial por ficar aterrada, e com os riscos de recuo da linha de costa significativos.

Mapa ilustrativo 8 - Imagem de satélite, de agosto/2018, do Campo de Dunas. Observam-se dunas com vegetação escassa, a faixa de praia reduzida e pontos (seta vermelha) com erosão, onde os *beachrocks* são descontínuos. Vê-se no Primeiro Jardim de Boa Viagem, onde foi realizado o Perfil 8, processo erosivo em andamento, conforme observado no perfil (seta hachurada).



Fonte: Google Earth, (2019), modificado pela autora.

Mapa ilustrativo 9 - Imagem de satélite, de julho/2009, do Campo de Dunas. Observam-se dunas com vegetação presente e o processo erosivo costeiro não tinha iniciado, a faixa de praia está mais larga. E no Primeiro Jardim, também não se tinha iniciado a erosão na praia.



Fonte: Google Earth, (2019), modificado pela autora.

Estampa 32 - Fotos da duna localizada em frente ao Edifício Catamarã, n°2334, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem, coordenadas 291821/9102902 UTM. **(A)** Foto panorâmica da duna, vista frontal. A duna foi quebrada pela quadra de vôlei de praia. **(B)** Comerciante com as barracas que são transportadas por carro, pós-praia. **(C)** Foto, perfil da duna, berma e praia com a quadra de vôlei e barracas de praia. Vê-se também, uma inclinação acentuada da praia, indício de erosão.



Fonte: Autora (2019).

Estampa 33 - Pontos em frente ao Terceiro Jardim de Boa Viagem, Praia de Boa Viagem. **(A)** Calçadão adentrando no espaço dunar e impermeabilizando o pós-praia. Nota-se a areia passando para o calçadão e caminhos pisoteados por banhistas. **(B)** Parquinho construído em cima de uma duna.



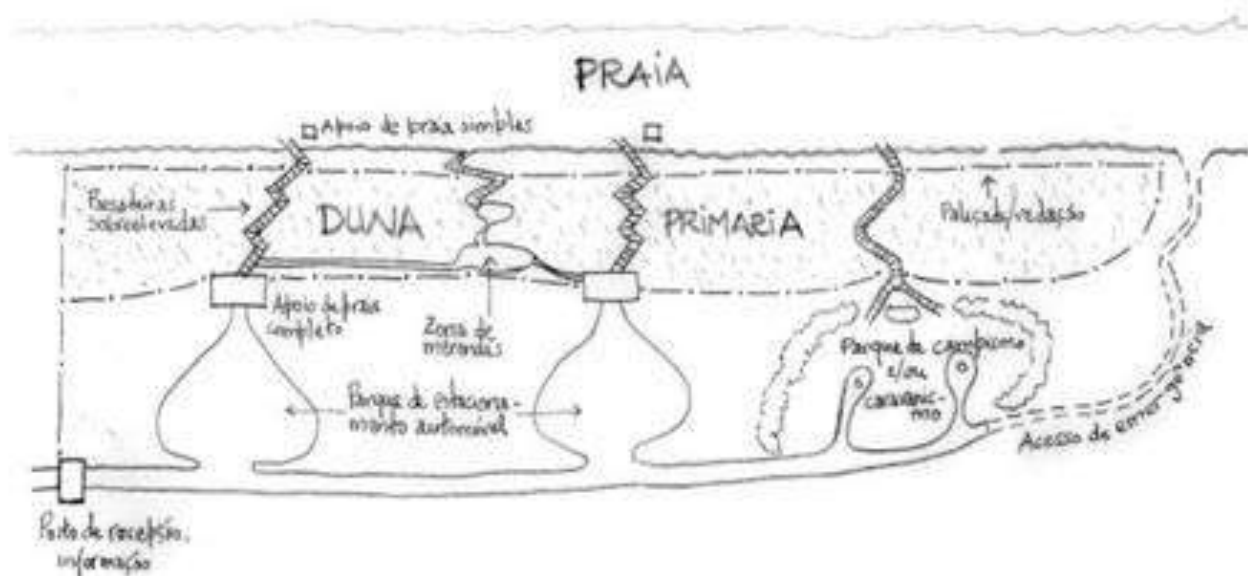
Fonte: Autora (2019).

### 6.5.1.2 Ordenamento dunar

Com os conhecimentos sobre a criação das dunas e da sua relação dinâmica com o vento, além da fragilidade das plantas estabelecidas e das difíceis condições de sobrevivência das mesmas, nas dunas, pode-se estruturar o uso potencial, pela população, desses sistemas dunares fixos da seguinte forma:

- Praia – tolerante ao recreio;
- Duna primária – muito sensível; intolerante ao recreio, à construção e as passagens só podem ser pedonais e se intensas sobrelevadas;
- Espaço interdunar – sensível, mas tolerante a certos usos recreativos e instalação de construções leves;
- Duna secundária – muito sensível; intolerante ao recreio, à construção e as passagens só podem ser pedonais e se intensas sobrelevadas
- Zona pós-dunar – tolerante ao recreio e construção, tendo em conta as capacidades de carga, níveis freáticos e outros parâmetros biofísicos.

Figura 5 - Exemplo esquemático de um ordenamento de uma zona dunar.



Fonte: Cancela (2018).

### 6.5.1.3 Mitigação das dunas

Como as dunas de Boa Viagem e do Pina já possuem intervenções antrópicas que causam processos erosivos, a solução é mitigar esses processos erosivos e

recuperar as dunas, não só com o intuito paisagístico, mas também como preservação das praias e da linha de costa, bem como de prevenção aos riscos do avanço do mar.

São várias soluções simples e de baixos custos para recuperação das dunas e suas preservações. Um exemplo de recuperação de dunas, que teve início em 2015, e está tendo bons resultados é o Projeto ReDune, instalado na Praia de São João da Caparica, Concelho de Almada, distrito de Setúbal, na Região Metropolitana de Lisboa, Portugal. Em 2015, o campo dunar não passava de 5m, e em 2017 estava na cota dos 8m. (RATO, 2017)

As mitigações que podem ser adotadas no Campo de Dunas de Boa Viagem e Pina são a instalação de paliçadas de vime, a plantação de espécies vegetais características de ambiente dunar, construção de passadiços, escadas de acesso à praia e a colocação de placas informativas e de sensibilização ao longo do sopé da duna.

Seria feito um levantamento das plantas locais, como a de restinga, já existente e a implantação de outras plantas criadas em viveiro. Uma sementeira poderia ser feita para que essas plantas sejam sempre replantadas.

Seguindo o Projeto ReDune, Rato, 2017, as obras de recuperação implantadas em S. João de Caparica também poderiam ser implementadas pela Prefeitura de Recife.

Antes da implementação das paliçadas, a superfície topográfica, em parte, pode ser remodelada com recurso de meios mecânicos, de modo a construir um perfil transversal, em escada. Dependendo do volume de areia das dunas, não precisaria a colocação de areias, apenas modificação da morfologia superficial. As paliçadas de vime, construídas a partir de material vegetal reciclado, seriam colocadas em linhas paralelas e ortogonais ao longo da praia, definindo um conjunto de células de retenção. No total, a área intervencionada poderá apresentar 1 km de comprimento por 50 m de largura e cada célula de retenção teria dimensões de 5 x 5m ou 7 x 7m, dependendo do terreno. Os feixes de vime (com 2 m de comprimento total) seriam enterrados na areia, deixando 1.5 m expostos acima da superfície topográfica.

A presença das paliçadas destina-se a interceptar os grãos de areia que são transportados pelo vento da praia para a duna. De modo que fixariam e manteriam a areia transportada pelo vento dentro das células de retenção sedimentar.

Estampa 34 - Imagens do Projeto ReDune. **(A)** Placa informativa do ambiente frágil para os banhistas e visitantes. **(B)** Paliçadas de vime, foto do início do projeto, colocadas em linhas paralelas e ortogonais ao longo da praia, definindo um conjunto de células de retenção, canto direito da imagem, passagem sobrelevada. **(C)** Foto das células com as paliçadas, projeto já em execução, com a sedimentação de areia e vegetação implementada. Canto direito, passagem sobrelevada. **(D)** Duna apresentando vegetação de plantas de replantio.



Fontes: (A) ReDuna (2015). (B) Cancela (2018). (C) Rato (2017). (D) ReDuna (2015).

As plantas, para fixação das dunas seriam distribuídas segundo as suas especificidades: salinidade, humidade e mobilidade do substrato.

O Projeto Redune utilizou, de início, dois conjuntos de plantas: as da frente dunar, que estão habituadas a esta dinâmica toda de erosão, agressão e hidrodinamismo, o *Elymus farctus* (Feno das areias) e a *Ammophila arenaria* (estorno) e o *Eryngium maritimum* (cardo rolador), e um outro conjunto de plantas auxiliares, na duna secundária. A *Ammophila arenaria* (estorno), é uma planta que desenvolve raízes verticais e longitudinais e que foi a estruturadora da frente dunar.

Outras espécies de plantas dunares também foram utilizadas: *Armeria pungens* (Arméria), *Juniperus turbinata* (Sabina-das-praias), *Lotus creticus* (Cornichão-das-areias), *Helichrysum italicum subsp. picardiae* (Falso-Caril ou perpétua das areias), *Eryngium maritimum* (Cardo-marinho), *Thymus carnosus* (Tomilho-carnudo), *Iberis procumbens* (Assembleia-das-areias) e *Corema album* (Camarinha).

### 6.5.2 Rede de drenagem de águas pluviais

O crescimento populacional e a consequente expansão da urbanização, desordenada, causou a ocupação e a impermeabilização inadequada do ambiente praiar, canalizando e intensificando o escoamento destas águas para as praias e provocando severas alterações neste ambiente de enorme fragilidade, inclusive com o risco de comprometimento da balneabilidade devido à presença de ligações clandestinas de esgotos que desaguam junto com as águas pluviais nas praias.

As praias de Boa Viagem e Pina, também tem o processo de erosão costeira intensificado pelo escoamento dessas águas superficiais e pelo deságue da rede de drenagem de águas pluviais. E durante a pesquisa, nas etapas de campo, foram observados seis pontos de drenagem de águas pluviais e rede de esgotos clandestinas.

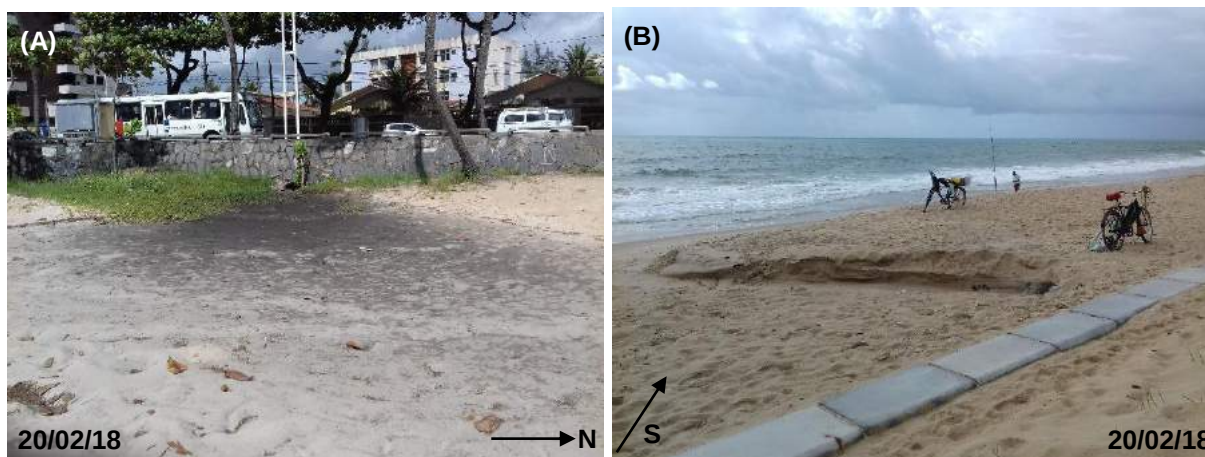
Mapa ilustrativo 10 - Pontos da Rede de Drenagem de Águas Pluviais.



Fonte: Google Earth (2018), modificado pela autora.

Além do risco de contaminação do solo e do mar, e de prejudicar a balneabilidade das praias, o escoamento das águas pluviais e superficiais que, ao serem direcionadas de forma errada e inapropriada, diretamente para a faixa de praia, tem provocado graves interferências no ambiente praial e, principalmente, no balanço sedimentar, aumentando o processo erosivo das praias. Isso foi observado nos Perfis 1 e 2, os quais tiveram interferência na granulometria da antepraia e praia.

Estampa 35 - Fotos de drenos de águas pluviais. **(A)** Dreno localizado em frente ao nº6986, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem. **(B)** Dreno localizado próximo ao Quiosque 59, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 289768,00/9098355,63 UTM. Esse Dreno fica próximo ao Perfil 2, e se percebe a grande quantidade de sedimentos retirados da praia, ou seja, a interferência do dreno sobre a morfodinâmica praial.



Fonte: Autora (2019).

#### 6.5.2.1 Mitigação da rede de drenagem de águas pluviais

- Readequar o sistema de drenagem e de escoamento das águas superficiais, buscando a condição mais apropriada de condução destes efluentes, bem como um melhor destino para os mesmos, sugere-se a inversão do direcionamento para o canal de Setúbal, dos pontos próximos a ele;
- Nos casos irreversíveis de direcionamento para as praias reconduzir o lançamento dos despejos para dentro do mar, fora da zona de arrebentação, em pontos controlados e através do uso de dissipadores de energia;
- Investigar a presença de contribuições clandestinas de esgotos nas redes de drenagem, eliminando, com isto, o risco de comprometimento da balneabilidade das praias e, conseqüentemente, de degradação deste ecossistema.

Estampa 36 - Fotos de drenos de águas pluviais. **(A) e (B)** Dreno localizado próximo ao Posto de Observação 07, em frente ao Edifício Ambrósio Trajano, nº3650, Av. Boa Viagem, Praia de Boa Viagem. Coordenadas 291139,53/9101766,37UTM. Dreno aterrado, entretanto o cano está quebrado, com vazamento no pós-praia e contém esgoto clandestino que desagua como águas pluviais, o dia estava ensolarado, e não era para conter água nesse dreno. **(C) e (D)** Dreno localizado em Frente ao Radisson Hotel Recife, Terceiro Jardim de Boa Viagem, Praia de Boa Viagem. O Dreno de águas pluviais está erodindo a duna, percebe-se a grande quantidade de sedimentos retirados da duna e pós-praia, ou seja, a interferência do dreno sobre a morfodinâmica praial.



Fonte: Autora, 2019.

## 6.6 RISCOS GEOLÓGICOS

Utilizando os parâmetros de vulnerabilidade de riscos geológicos costeiros, têm-se as seguintes análises e conclusões:

- 1) Ao nível do mar e altura significativa de onda, e aos fatores sociais:

A partir do cenário atual, com  $H_s=1,5\text{m}$ ,  $T_p=8\text{s}$ ,  $\text{Dir}=\text{SE}$ , e com valor máximo de preamar de  $2,7\text{m}$  e mínimo de baixo mar de  $-0,1\text{m}$ , dados de Pereira, 2015, com o aumento do nível do mar de  $0,5\text{m}$ , os focos com maior energia se concentrariam na região de Boa Viagem, nos trechos desprotegidos de arenitos

de praia. As ondas dissipam boa parte da energia nos arenitos de praia (*beachrocks*) juntos à Linha de costa entre Boa Viagem e Pina. A presença, dessas estruturas, é eficaz para a dissipação da energia de onda e impede uma incidência direta das mesmas sobre a face de praia durante a maré baixa. Entretanto, a densidade demográfica é alta, as construções estão na Linha de costa, e também existem construções sobre as dunas.

Nesse quesito: Risco alto.

- 2) Com a distância da Linha de costa, ou seja a urbanização, a densidade populacional e o tipo de urbanização:

A alta densidade demográfica que avançou a linha de costa com a construção da Avenida Boa Viagem em direção à linha de praia, impermeabilização da praia com o calçadão, quiosques e quadras esportivas e os altos edifícios (espigões) que barram a circulação do vento. Isso tudo diminuiu o perfil praial, e consequentemente as construções serão atingidas nas grandes tempestades.

Nesse quesito: Risco Alto.

- 3) Fatores morfológicos, o tipo de substrato, a conservação das dunas:

Ambiente praial com pontos de erosão e de sedimentação, controlados pela primeira linha de *beachrocks*. Entretanto, as praias e bermas estão com inclinação elevadas, os sedimentos tem alto teor de carbonatos e a granulometria de areia fina. Somam-se, as dunas, que não estão bem preservadas e sua vegetação de restinga é quase escassa em alguns pontos, devido à ação antrópica.

Nesse quesito: Risco alto

- 4) Evidências de erosão, variação da linha de costa e indicadores visuais de erosão:

A Linha de costa e as dunas têm vulnerabilidade alta, pois a linha de costa está relativamente instável, com muro e enrocamento aderente por quase 2km, dutos de drenagem de águas pluviais contaminadas por esgoto clandestino, em quase toda extensão de Boa Viagem e Pina. Além disso, as praias e bermas com inclinação elevadas.

Nesse quesito: Retração alta, conseqüentemente, risco alto.

Utilizando todos os parâmetros para uma suposta elevação do nível do mar, conclui-se que as Praias de Boa Viagem e Pina estão sobre Alto Risco Geológico Costeiro, portanto, é necessário que as medidas mitigadoras propostas nessa pesquisa sejam implementadas para o bem estar das futuras gerações.

## 7 CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados.

### 7.1 GEOLOGIA: FORMAÇÃO BARREIRAS *VERSUS* SEDIMENTOS ELUVIONARES

Outros autores distinguiram três fácies da Formação (Grupo) Barreiras, que ocorrem do continente para o litoral: Fácies de leques aluviais, fácies fluviais de canais entrelaçados e fácies de planície flúvio lacustre, porém, nesse estudo realizado não foram constatadas tais fácies.

Através das análises do Difrátômetro de Raio-X foram definidos solos eluvionares, provenientes do intemperismo do embasamento cristalino e das rochas vulcânicas. Além disso, foram observadas estruturas preservadas das rochas intemperizadas nesses solos.

Provavelmente a Formação Barreiras, ocorre na porção mais Noroeste de Recife, nos limites entre os municípios de Camaragibe, Paulista e Abreu e Lima, sentindo João Pessoa, PB.

Sugerem-se novos estudos com análises geoquímicas, mapeamentos mais detalhados da litologia e da geologia estrutural com melhores descrições das fácies.

### 7.2 EROÇÃO DE ENCOSTAS

Os sedimentos são predominantemente arenosos e por consequência mais susceptíveis aos processos erosivos. Quando há camadas argilosas, estas se encontram em alternância com as camadas arenosas. Em geral, a camada argilosa é impermeável o que provoca um caminho preferencial de água e uma superfície potencial de deslizamento. Também se verificou a presença de crosta laterítica, provocando o mesmo mecanismo da camada argilosa.

As características geológico-geotécnicas evidenciam a fragilidade do solo no que diz respeito às ações de desagregação e remoção das partículas, devido à baixa coesão dos sedimentos. Isso aumenta a necessidade e importância de sistemas de drenagens, para disciplinar as águas servidas e de chuvas nas encostas constituídas por esses sedimentos;

O solo residual do embasamento quando apresenta baixo teor de saturação, mostra aspecto fraturado, ou seja, com caminhos preferenciais de fluxo. Isto ocorre devido ao desenvolvimento de intenso fraturamento das rochas de origem, que se encontram na área de influência do Lineamento Pernambuco.

É necessária a readequação de muitas moradias, com retaludamento e retirada de casas em risco, como já é realizado, mas isso precisa ser intensificado.

Qualificação do corpo técnico da Defesa Civil com cursos de capacitação e reciclagem. Aprendizagem de ensaios de solo e de manejos são necessárias para uma boa aplicação de obras de estabilização. Técnicas novas para obras de contenção estão sempre surgindo, portanto a Defesa Civil estar atualizada é imprescindível.

Conscientização dos moradores para construção corretas de moradias, para o correto descarte do lixo e das águas utilizadas, com a criação de projetos sociais, feito o Viva o Morro, já realizado em 2004, e que surtiu um bom efeito entre a comunidade e as Defesas Civis da Região Metropolitana de Recife.

### 7.3 EROSÃO COSTEIRA

O processo erosivo nas praias de Boa Viagem e Pina se dão devido aos falhamentos dos arenitos de praias, *beachrocks*, ou seja as aberturas e as descontinuidades das linhas arrecifais próximas à costa, proporcionam o direcionamento e a canalização dos esforços das ondas incidentes para diversos pontos da costa, impondo à praia um excesso de energia gerando correntes de deriva litorânea, que surgem quando as ondas não atingem perpendicularmente o litoral, e resulta em um transporte paralelo à costa capaz de remover o suprimento de sedimentos e, conseqüentemente, alterar o balanço sedimentar da área.

O enrocamento aderente existente está cumprindo as funções a que se propõe, e é essencial para preservação da linha de costa em sua atual posição, bem como às estruturas de urbanização e de lazer que se encontram à sua retaguarda. Entretanto, devido ao valor turístico e ambiental dessas praias, e da necessidade de recomposição do pós-praia, é necessário que se faça implementação de ações que estabeleçam a recuperação da praia de Boa Viagem.

A ação mais efetiva e propícia a esta finalidade é a reconstituição da praia por meio do engordamento artificial da praia, principalmente no trecho em que não

ocorrem os arenitos de praia, gerando um perfil de praia que proporcione uma largura de berma que, após atingir o equilíbrio, na altura da linha dos arenitos de praia, suplantando, assim, o processo de difração das ondas.

Outra medida seria o fechamento (pontual e na mesma altura dos arenitos de praia), em alguns trechos, das aberturas dos *beachrocks*, com blocos de concreto (Tetrápodes), uma estrutura hidráulica de proteção às ondas, para minimizar a energia das ondas que atingem a costa. E aliado a essa medida, a realização de engordamento artificial de praia com a implantação de um perfil de praia mais reduzido, para manter a linha de recifes exposta, e com isso, a preservação da biota, proteção natural de ataques de tubarões aos banhistas, impactos ambientais e a diminuição do valor paisagístico da praia de Boa Viagem.

A erosão pluvial, em decorrência do direcionamento das redes de captação da rede de drenagem das águas pluviais, vai de encontro aos interesses de recuperação de Boa Viagem e Pina, e causam interferência no balanço sedimentar, principalmente ao estarem se contrapondo ao fenômeno natural e espontâneo de sedimentação. É necessária a eliminação dos pontos de despejos das faixas de pós-praia, principalmente nos locais em que ocorrem sedimentação.

Revitalização do campo dunar, para o processo de sedimentação e estabilização da praia, para a proteção costeira, evitando assim os riscos de uma elevação do nível do mar futura. Além disso, a revitalização traria melhoras paisagísticas e mais atrativos turísticos para Recife.

Com relação a erosão antrópica, o ideal seria o estabelecimento de locais fixos para as barracas de praia, como já ocorrem com os quiosques, com limites e espaços estabelecidos para cada comerciante devidamente cadastrado. Estabelecer rotas de acesso à linha de praia, principalmente no campo dunar, e evitar o pisoteamento das dunas e minimizar a erosão.

Conscientização dos comerciantes para não fazerem poços artesianos, com a água proveniente do lençol freático, e evitar o recalque das dunas, contaminação do solo e de áreas de recargas hídrica.

## REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M. A. & Medeiros, G. M., 2004. **Guia de ocupação dos morros – Região Metropolitana do Recife, Programa Viva o Morro**. Manuais Técnicos e Cartilhas Populares. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, Órgãos de Defesa Civil nacional, estaduais e municipais. 36p.

ALHEIROS, M. M., Ferreira, M. G. V. X., Lima Filho, M. F., 1995. **Mapa Geológico do Recife 1:25.000**. 3ª Divisão de Levantamento/MEX.

ALHEIROS, M. M., Souza, M. A. A, Bitoun, J., MATOS Medeiros, S. G. M., Amorim Júnior, W. M., 2004. **Manual de Ocupação dos Morros, da Região Metropolitana**, Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM, Programa Viva o Morro, Recife: Ensol, [2004], 32p.: il. Disponível em: <http://www2.condepefidem.pe.gov.br/web/condepe-fidem/biblioteca-virtual-download1>  
Acesso em: 11 set. 2016.

ALHEIROS, M. M.; Lima Filho, M.F.; monteiro, F. A. J. & Oliveira Filho, J. S., 1998. **Sistemas Depositionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental**. Anais XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, Belém – PA, Vol. 2 753 – 760

ANDRIOTTI, J. L. S., 2003. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. 1ª ed. \_ Rio Grande do Sul: Editora Unisinos. 165 p.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – **NBR - NBR 11682/2006 - Estabilidade de encostas**.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT- **NBR 10.703**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - **NBR 11682/1991 – Estabilidade de taludes**.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - **NBR 6484/2001- Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT** - Método de ensaio.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT- **NBR 6508 (ABNT MB – 28). Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm. Determinação da massa específica dos sólidos**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT- **NBR 7181 (ABNT MB – 32). Solo. Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSUNÇÃO, P. R. S., Nesi, J. R., Bezerra, M. S. & Souza Júnior, L. C., 2012. **Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana de Recife -PE**, Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 144p.: Il. color. + 5 mapas– (Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais, 8).

BANDEIRA, A. P. N., 2010. **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na Região Metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de tecnologia e geociências Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, PE.

BAPTISTA NETO, J. A., Ponzi, V. R. A. & Sichel, S. E., 2004. **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência.

BARBOSA, C. C. A., *Et al*, 2010. **Cartografia Para O Estudo Da Erosão Costeira**. Estudos Geológicos. V 20 (1). Departamento de Geologia, UFPE.

BITAR, Omar Yazbek, 1995. **Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE**, Divisão de Geologia, Digeo – IPT, 247p.

CAMPOS, E.J.D., 1995. **Estudos da circulação oceânica no Atlântico tropical e na região oeste do Atlântico subtropical sul**. Tese de Livre-Docência. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 114p.

CANCELA, Jorge, 2018. **Dunas - O que são, como se formam, qual o seu valor e sensibilidade?** Naturlink a ligação à natureza, Portal Naturlink [2009]. Disponível em: <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=7&cid=90738&bl=1&viewall=true>. Acesso em: 20 jan 2019.

CARVALHO, J. C., et.al, 2015. **Solos não saturados no contexto geotécnico**, São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, ABMS. São Paulo, 759p.

CHIOSSI, Nivaldo, 2013. **Geologia de Engenharia, 3ª Ed; Oficina de Textos, 424 p.**

CORDOBA, V.C.; Sa, E.F.J.; Sousa, D.C.; Antunes, A. F. 2007. **Bacia de Pernambuco-Paraíba**. *Boletim de Geociências*. 15 (2): 391-403.

DE OLIVEIRA, T. R. S., et al, 2015. **Estudo Comparativo Do Fenômeno Da Erosão Marinha E Seus Impactos Na Praia De Boa Viagem, Recife - PE** Estudos Geológicos.V25 (1). Departamento de Geologia, UFPE, Recife, PE.

DIAS, J. A., 2004. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)**, Universidade do Algarve, CIMA - Centro de Investigação Marinha e Ambiental. Disponível em: [http://www.academia.edu/3170602/A\\_ANALISE\\_SEDIMENTAR\\_E\\_O\\_CONHECIMENTO\\_DOS\\_SISTEMAS\\_MARINHOS\\_Uma\\_Introducao\\_a\\_Oceanografia\\_Geologica](http://www.academia.edu/3170602/A_ANALISE_SEDIMENTAR_E_O_CONHECIMENTO_DOS_SISTEMAS_MARINHOS_Uma_Introducao_a_Oceanografia_Geologica) Acesso em: 20 jan 2019.

Duane, D.B., 1964. **Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina**. Journal of Sedimentary Petrology, 34: 864-874.

EMBRAPA, 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SPI

ENRIC V. R., 2015. Requalificação das dunas foi um sucesso em São João da Caparica, PÚBLICO Comunicação Social SA Portale-go [2019]. Disponível em <https://www.publico.pt/2015/06/19/local/noticia/requalificacao-das-dunas-foi-um-sucesso-em-sao-joao-da-caparica-1699557> Acesso em: 20 jan 2019.

FEIJÓ, F., 1994. **Bacia Pernambuco-Paraíba**. Boletim Geociência da Petrobás, Vol. 8 (1): 143 – 147. Rio de Janeiro.

FIORI, A. P. & Carmignari, L., 2009. **Fundamentos de Mecânica dos Solos e das rochas: Aplicações na estabilidades de taludes**. Curitiba, Ed. UFPR.

FOLK, R.L. & Ward, W.C., 1957. **Brazos River Bar: A Study in the Significance grain-Size Parameters**. Journal of Sedimentary Research, 27(1):3-26.

FOLK, R.L., 1966. **A Review of Grain-size Parameters**. Sedimentology, 6:73-93.

FOLK, R.L., 1974 **Petrology of sedimentary rocks**. Hemphills Publishing. Austin. USA. 185p

FRANÇA. L. F. O., 2011. **Avaliação dos dados gravimétricos da Bacia de Pernambuco através de processamento do sinal gravimétrico**. Estudos Geológicos. V 21 (2) p55-73, Departamento de Geologia, UFPE.

GALVIN, C. J., 1968. **Breaker type classification on three laboratory beaches**. Journal of Geophysical Research, [S.1.], v.73, p.3651-3659.

GOIS, L. A., 2011. **Avaliação das Opções de Proteção Costeira: Praia de Boa Viagem, Recife-PE e Praia de Bairro Novo, Olinda-PE**, ITEP – Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental, Recife – PE.

GOIS, L. A., 2018. **A interferência das estruturas de proteção da costa na preservação dos sedimentos costeiros da praia de Bairro Novo, Olinda-PE**.

Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de tecnologia e geociências Programa de pós-graduação em geociências, Recife, PE.

GOIS, L.G., OLIVEIRA, N. M. G. A & MANSO, V. A. V., 2013. **Processos Erosivos Costeiros da Praia de Boa Viagem**, Recife-PE, Mercator, Fortaleza, v. 12, n. 27, p. 111-133, jan./abr. 2013.

GOMES, H. A. G., 2001. **Mapa Geológico de Pernambuco**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil.

GUSMÃO FILHO, J. A., Alheiros, M. M., Justino da Silva, J. M., Gusmão, A. D., Bastos, E. G., Leal, P. C., Ferreira, H. N., 1993. **Mapeamento de risco das encostas ocupadas do Recife**. Gusmão Eng. Associados. URB/CODECIR, Relatório Técnico, Recife, 32p; 3 mapas 1:10000; Anexos.  
HIGHLAND, L.M., & Bobrowsky, Peter, 2008, **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.

HUDSON, J. A. & Harrison, J. P., 1997. **Engineering rock mechanics an introduction to the principles**, Elsevier Science Ltd, UK.

IBGE, 2015. **Manual Técnico de Pedologia**, 3ª Ed., Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro, RJ.

IBGE, 2019. **Conheça cidades e estados do Brasil**, Portal: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | v4.3.16.1 [2017]  
Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 20 jan. 2019.

INFANTI JR., Fornasari Filho, N., 1998. **Processos de dinâmica superficial. Geologia de Engenharia**, Capítulo 9, pp 131-152. ABGE – Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, São Paulo – SP.

INMET, 2019. Portal: IMET - Instituto Nacional de Meteorologia.  
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>  
<http://www.inmet.gov.br> Acesso em: 10 jan. 2019

JESUS, I. V. & Andrade, A.C.S., 2013. **Parâmetros Granulométricos dos Sedimentos da praia dos Artistas – Aracaju – SE**, Scientia Plena, Vol.9, num.5, p. 1-11, 2013.

KELLER, E. A. 1992. **Environmental Geology**, 8ª. Ed. Columbus Bell & Howell Co. 562p.  
KLEIN, C. & Dutrow, B., 2012. **Manual de ciências dos minerais**, 23. ed., Porto Alegre: Bookman.

KOEPPEN, W., 1948. **Climatologia con un estudio de los climas de la Tierra**. Version de Pedro R. Hendricles Pérez. Mexico: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LAFAYETTE, K. P. V., 2000. **Comportamento Geomecânico de Solos de Uma Topossequência na Formação Barreiras em uma Encosta na Área Urbana do Recife – PE**. Dissertação de Mestrado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife – PE.

LAMBE, T. W., 1951. **Soil Testing for Engineers**. John Wiley and Sons. Cap. 4

LANFREDI, N. W.; FRAMIÑAN, M. B., (1986). **Field Study and Prediction of Longshore Currents, Argentine Coast**. Journal of Coastal Research, 2(4): 409-417. ISSN: 1551-5036

LIMA FILHO, M. F., 1998. **Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco**. Tese de Doutorado, São Paulo: Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências, 139p.

LIMA FILHO, M. F.; Alheiros, M. M. 1990. **Planície do Recife: origem e características geotécnicas**. In: Simp. De Engenharia do Nordeste, 1. Recife-PE. Atas...Recife-PE, 2: 501-518 p.

LIMA FILHO, M. F.; Brito, M.F. L.; Araújo, R. D.; Medeiros, A. B.; Pedrosa, F. J. A.; Nóbrega, V. A. 1991. **Arcabouço estrutural da sub-bacia Cabo-PE**. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 14, 1991, Recife. Atas...SBG.p.300-302.

LIMA FILHO, M.F. 1994. **Geologia e Tectônica Sedimentar da Bacia Cabo-PE** (Relatório Integrado Final Submetido a FACEPE). 108p.

LIMA, A. F., 2002. **Comportamento Geomecânico e Análise de Estabilidade de uma encosta da Formação Barreiras na Área Urbana da Cidade do Recife**, Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, UFPE. Centro de Tecnologia e Geociências Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, PE.

LORING D. H. & Rantala R. T. T., 1992. **Manual for the Geochemical analyses of Marine Sediments and Suspend Particulate Matter**. Earth – Science Review, 32: 235 – 283.

MANSO, D. A. V., Correa, I. C. S. & GUERRA, N. C., 2003. **Morfologia e Sedimentologia da Plataforma Continental Interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos – Litoral Sul de Pernambuco, Brasil**, Pesquisas em Geociências, 30(2): 17-25, 2003, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, RS – Brasil.

MANSO, V. A. V., Coutinho, P. N., Pedrosa, F. J., Macedo, R. J., Silva, A. C., Gois, L. A., Barcellos, R. L., Arruda, S. D. A., Soares Junior, C. F. A., Madruga Filho, J. D., Arrais, M. M. C., Madruga, M. M. D., 2018. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Organização Dieter Muehe – Brasília, DF: MMA, 2018 759p:il. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/procosta2> Acesso em: 15 jan. 2019

MARQUES, E.A.G., Barroso E.V., Menezes Filho, A.P., Vargas JR & E. do A., 2010. **Weathering zones on metamorphic rocks from Rio de Janeiro—Physical, Engineering Geology**, ESELVIER, 111 (2010) 1–18.

MARTINS, L.R., 2003. **Recent Sediments and Grain size analysis**: Revista Gravel, Porto Alegre (1):90-105.

MARTINS, M. V. A. & Gomes, C. S. F., 2004. – **Glossário de Ambientes Marinhos e de Transição**. Universidade de Aveiro, 68p., Aveiro. JICZM - Journal of Integrated Coastal Zone Management (RGCI – Revista de Gestão Costeira Integrada), Portal APRH [2007]. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html> Acesso em: 13 abr. 2017.

Mason, C.C. & Folk, R.L., 1958. **Differentiation of beach, dune and Aeolian flat environment by size analysis, Mustang Island**. Texas: Journal of Sedimentary Petrology, 28: 211-226.

MORAIS, J. O. 1991 a 1996. **Geologia no Planejamento Ambiental**, Capítulos 1 a 4. Revista de Geologia, UFC.

NASCIMENTO, R. G., 2017. **Estabilização de taludes**. In: Espírito Santo, Governo Estadual do Espírito Santo, Defesa Civil, Media, Material Didático, Portal da Transparência PRODEST [2015-2019]. Curso Básico de Percepção de Risco Geológico, Vitória, ES, 10/10/2018, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, ES. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/material-de-apoio#collapse-2255> Acesso em: 11 nov. 2018.

NEUMANN, V. H., 2018. **Curso de Extensão Isótopos Estáveis e Radiogênicos Aplicados às Geociências, ago/2018**. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, PE.

OLIVEIRA, A. M. S & Brito, S.N.A. (Eds.), 1998. **Geologia de Engenharia**. ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo. 576p.

PEREIRA, P. S., *et al*, 2015. **Atlas de vulnerabilidade à erosão costeira e mudanças climáticas em Pernambuco**, Recife: Editora Universitária UFPE, 98p.

PFALTZGRAFF, P. A. S, ET ALL, 2003. **Sistema de informações geoambientais da Região Metropolitana do Recife**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Recife, Pe.

PFALTZGRAFF, P.A.S., 2007. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na Região Metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de tecnologia e geociências Programa de pós-graduação em geociências, Recife, PE.

PINTO, C. S, 2006. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**, 3a Ed. São Paulo, Oficina de Textos.

PRATA, P. M., 2017. **Obras de Contenção de Processos Erosivos e Medidas Mitigadoras**. In: Espírito Santo, Governo Estadual do Espírito Santo, Defesa Civil, Media, Material Didático, Portal da Transparência PRODEST [2015-2019]. Curso Básico de Percepção de Risco Geológico, Vitória, ES, 04/12/2017, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, ES.  
Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/material-de-apoio#collapse-2255>  
Acesso em: 11 nov. 2018.

PREFEITURA DE RECIFE, 2018. **Recife Prefeitura da Cidade**. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/> Acesso em: 20 jan. 2019.

RATO, D. T. E., 2017. Monitorização da Duna de São João da Caparica, Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia. Disponível em: [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/28278/1/ulfc121702\\_tm\\_Daniela\\_Rato.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/28278/1/ulfc121702_tm_Daniela_Rato.pdf)  
Acesso em: 20 jan. 2019.

REDUNA, 2015. **Projeto ReDuna- ReDuna: Recuperação e Restauração Ecológica do Sistema Dunar de S. João da Caparica**, Câmara Municipal de Almada. Portal Almada Informa [2007]  
Disponível em: [http://www.m-almada.pt/portal/page/portal/AMBIENTE/DESTAQUES/DETALHE/?ambiente\\_destakes\\_detalhe=231829358&cboui=231829358](http://www.m-almada.pt/portal/page/portal/AMBIENTE/DESTAQUES/DETALHE/?ambiente_destakes_detalhe=231829358&cboui=231829358) Acesso em: 20 jan. 2019.

REIS, F. A. G. V. 2001. **Curso de Geologia Ambiental via Internet**. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus de Rio Claro (SP).  
Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/> Acesso em: 11 dez. 2018.

ROSSETTI, D.F., Francisco H.R. BEZERRA, F. H. R. & DOMINGUEZ, J. M. L., 2013. **Late Oligocene–Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil**. *Earth-Science Reviews* 123 (2013) 87–112

SOARES JUNIOR, C. A, 2003. **Influência das ondas e das características Geomorfológicas no zoneamento territorial costeiro entre Porto de galinhas e rio Formoso, litoral sul de Pernambuco, Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de tecnologia e geociências Programa de pós-graduação em geociências, Recife, PE.

SUGUIU, K., 1973. **Introdução a sedimentologia**, Edgard Blucher

TOPAN, J. G. O., 2017. **Caracterização Tectono-Estratigráfica da Sub-Bacia Olinda, Bacia Paraíba e Embasamento Adjacente, NE do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de tecnologia e geociências Programa de pós-graduação em geociências, Recife, PE.

USDC, 1950. **Tables for Conversion os X-ray Diffraction Angles to Interplanar Spacing**, United States of Commerce, National Bureau of Standards Applied Mathematics Series. 10, September 20 1950.

USGS, 2014. **Landslide Types and Processes**. In: United States Government, The U.S. Geological Survey Landslide Program has information, publications, and educational information <http://landslides.usgs.gov> Portal FOIA [2016] Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf> Acesso em: 11 dez. 2018.

## APÊNDICE A - PETROGRAFIA E CATODOLUMINESCÊNCIA

### PR03

#### DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Rocha vulcânica de granulometria fina, melanocrática, hipocristalina e grãos faneríticos. Apresenta grãos de minerais metálicos euédricos a subédricos. Os cristais de olivina estão serpentinizados, gerando textura *spiniflex*.

Foto 10 - Amostra de mão



Fonte: Autora (2019).

#### DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

Foram descritas cinco lâminas da mesma amostra com cortes verticais e horizontais, as quais apresentaram uma rocha de granulometria fina e hipocristalina. Apresenta como minerais plagioclásio, augita (clinopiroxênio), hornblenda (anfibólio), Olivina (Forsterita), flogopita, titanita e quartzo intersticial.

## PLAGIOCLÁSIO

É englobado pelo piroxênio (augita), quase cristalizado, e cristalizam juntos, gerando uma textura ofítica. Nas lâminas, também, foram observadas textura subofítica, localmente, ou seja, a cristalização inicial do plagioclásio teve os vazios entre os cristais preenchidos pelos piroxênios (augita).

Os cristais também apresentam corrosão, dando um efeito de arredondamento das arestas, e borda de reação entre o plagioclásio e olivina.

## OLIVINAS

Ocorrem como fosteritas e estão serpentinizadas.

## TITANITAS

Ocorrem euedrais e com hábitos de losângulo.

## AEGIRINA

O grãos apresentam textura ofítica entre os minerais opacos e a biotita. A aegirina, localmente, ocorre uralitização.

## HORNBLENDAS

Provenientes da uralitização.

## BIOTITA

Estão alteradas.

## MINERAIS OPACOS

Provavelmente são óxidos de ferro associados as cloro-fluor-apatitas de ambientes marinhos.

As lâminas apresentam uma textura de fluxo, com um alinhamento dos cristais da matriz, visível nos plagioclásios.

ORDEM DE CRISTALIZAÇÃO: Titanita, aegirina, hornblenda, biotita, plagioclásio (An) e quartzo intersticial.

## COMPOSIÇÃO MODAL DA ROCHA:

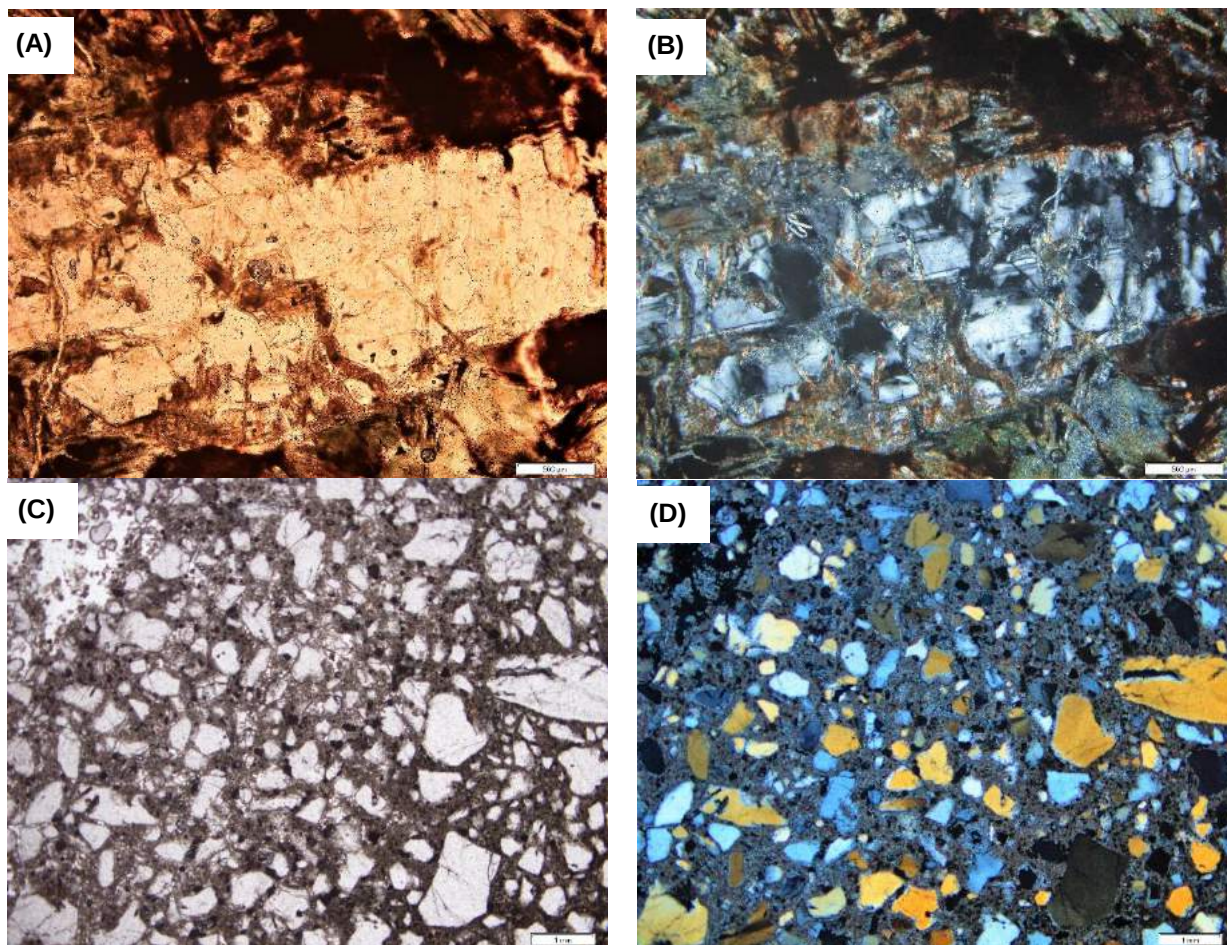
|                           |      |
|---------------------------|------|
| Quartzo                   | 0,5% |
| Plagioclásio              | 15%  |
| Biotita                   | 20%  |
| Hornblenda (Anfibólio)    | 20%  |
| Minerais opacos           | 25%  |
| Olivina Forsterita        | 15%  |
| Aegirina (Clinopiroxênio) | 4%   |
| Titanita                  | 0,5% |

## PARÂMETROS DE STREICKEISEN:

|                  |       |
|------------------|-------|
| Quartzo          | 3,2%  |
| Alcali Feldspato | 0%    |
| Plagioclásio     | 96,8% |

ROCHA: Gabro

Estampa 37 - Fotomicrografias de gabro. Escalas 5µm. **(A)** Plagioclásio fraturado e apresentando sericitização. Nicóis paralelos e 10x. **(B)** *Idem*, Nicóis Cruzados e 10x. **(C)** Minerais opacos. Nicóis paralelos e 10x. **(D)** *Idem*, Nicóis Cruzados e 10x.



Fonte: Autora (2019).

## VGR 14T

### DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

COR: Bege Claro

TEXTURA: Mal selecionada com grãos soltos, grãos de quartzo e feldspatos subarredondados a arredondados.

GRANULOMETRIA: Fina, arenito fino.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA: Quartzo, plagioclásio, matéria argilosa e óxido de ferro na parte externa da amostra de mão.

ESTRUTURA: Ausente no fragmento de mão.

FENÔMENO DIAGENÉTICO: Arenito Friável e material argiloso

### CONCLUSÃO E DENOMINAÇÃO DA ROCHA:

Um sedimento fino, com matéria microclástica.

Conclui-se que é um depósito de origem subaquática de água rasa e com pouca corrente.

Arenito arcoseano.

Foto 11 - Amostra de mão



Fonte: Autora (2019).

### DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

Arenito de granulação fina e mal selecionado com grãos arredondados a subarredondados de quartzo e feldspato.

#### QUARTZO

Grãos mal selecionados e soltos. Apresentam extinção ondulante na maioria, e também com laterais retas gerando uma aparência de grãos subeudrais, indício de crescimento secundário do quartzo. Grande parte dos cristais são subangulosos e apresentam golfos de corrosão (suturados) devido a cimentação de caulinita.

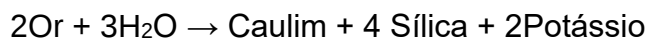
Ocorrem, pontualmente, grãos policristalinos de quartzo (*overgrow*).

Alguns grãos ocorrem alongados, em forma de fita, orientados, gerando um indício de estratificação.

## FELDSPATOS

Ocorrem como microclima (geminção polissintética) e sanidina (geminção Carlsbad). As microclimas apresentam processo de sericitização.

É comum a alteração do feldspato potássio em argilomineral na presença de água em excesso, então:



## CLORITAS

Ocorrem em lamelas, englobam minerais máficos, seguem uma certa orientação, possivelmente uma estratificação marcada pelos grãos de quartzo.

## COMPOSIÇÃO MODAL DA ROCHA:

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| Quartzo                  | 45,5% |
| Feldspatos               | 10%   |
| Clorita                  | 3%    |
| Biotita                  | 1%    |
| Sericita                 | 40%   |
| Granada                  | 0,5%  |
| ROCHA: Arenito arcoseano |       |

## CATODOLUMINESCÊNCIA

Na CL, os quartzos ficaram azulados, indício de origem ígnea.

**VGR 14M****DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA**

COR: Creme com tons amarelados.

TEXTURA: Um sedimento fino e compacto.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA: Matéria calcária e argilosa.

ESTRUTURA: Ausente no fragmento, entretanto ocorrem pequenos moldes esbranquiçados de grãos esqueletais ou bioclastos.

FENÔMENO DIAGENÉTICO: Rocha dura e pesada, diagênese média.

MATRIZ: Micrita (lama carbonática). Calcário suportado pela matriz com >10% de grãos.

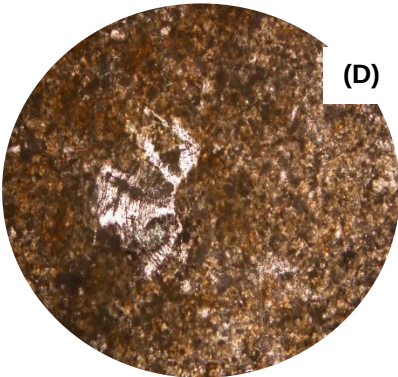
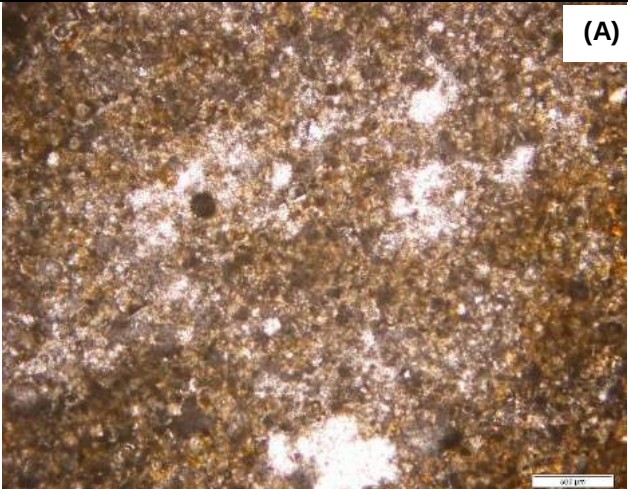
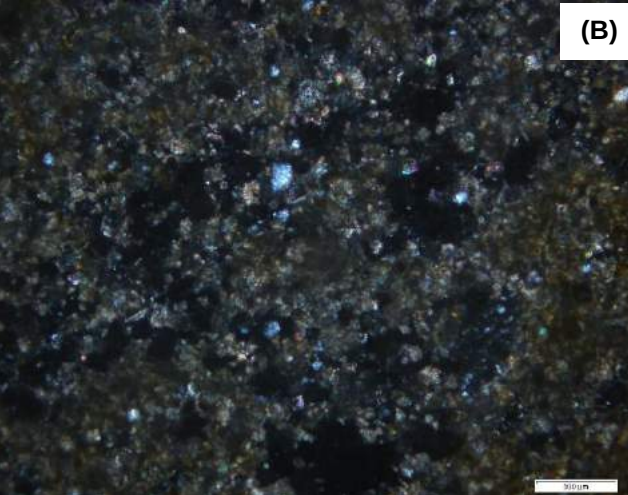
**CONCLUSÃO E DENOMINAÇÃO DA ROCHA:**

Um sedimento calcário fino e argiloso.

Precipitação química, que gerou uma lama carbonática, devido a água do mar saturada em  $\text{CaCO}_3$ , dissolução dos organismos calcários, ricos em calcita magnesiânica, à aragonita.

Micrito com bioclastos.

Quadro 4 - Descrição microscópica da amostra 14M, Formação Gramame.

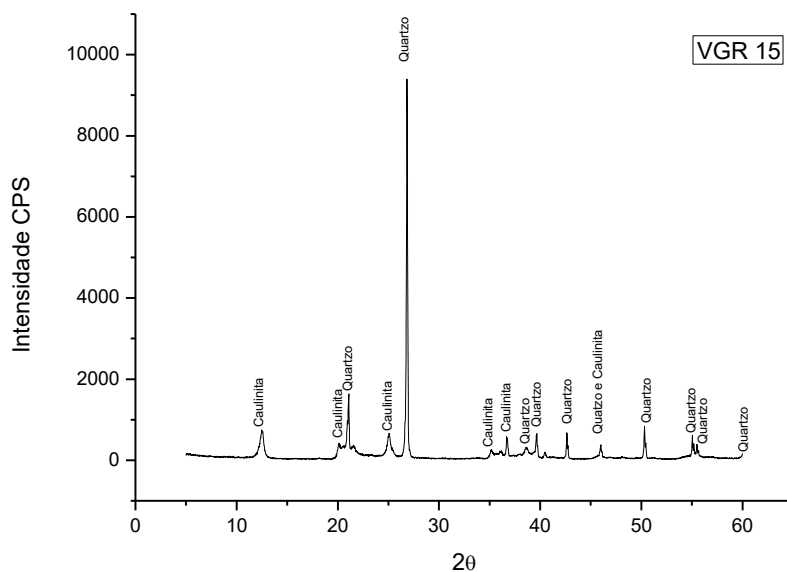
| Descrição microscópica da Lâmina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Microfotografias                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Rocha carbonática composta por calcita, dolomita, quartzo, feldspato, moscovita e pirita.</p> <p>A calcita é espática, cor branca <b>(A)</b> e <b>(B)</b>.</p> <p>Dolomita ocorre na forma de romboedros brancos, dedolomitização.</p> <p>Moscovita é lamelar.</p> <p>A pirita framboidal e oxidada, chegando a formar goetita. A pirita é indício de um ambiente calmo e anoxo, sem O<sub>2</sub>.</p> <p>Na lâmina é possível verificar fantasma de fóssil <b>(D)</b>.</p>  <p>Na CL, os pontos azuis pálidos são quartzos de origem ígnea, e, os azuis brilhantes são os feldspatos.</p> <p>A parte alaranjada é a calcita, e a parte laranja mais escura é a dolomita, indício de dedolomitização <b>(C)</b>.</p> <p>Porosidade móldica e interpartículas.</p> |  <p><b>(A)</b></p>  <p><b>(B)</b></p>  <p><b>(C)</b></p> |
| <b>Polarização:</b> <b>(A)</b> Nicóis paralelos <b>(B)</b> Nicóis cruzados <b>(C)</b> Catodoluminescência <b>Escala:</b> 500µm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Nome da Rocha:</b> Micrito com bioclastos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fonte: Autora (2019).

## APÊNDICE B - ANÁLISES DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

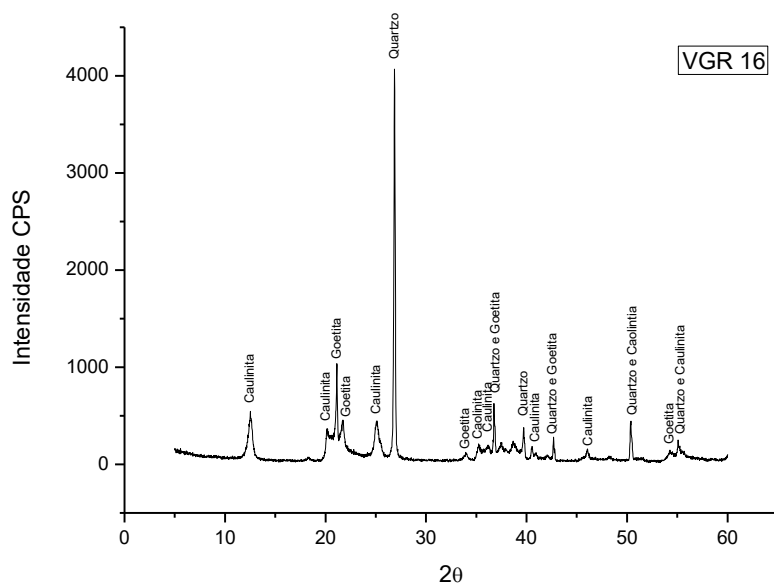
### REGIONAL NORTE

Difratograma 11 - Análise da amostra VGR 15, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



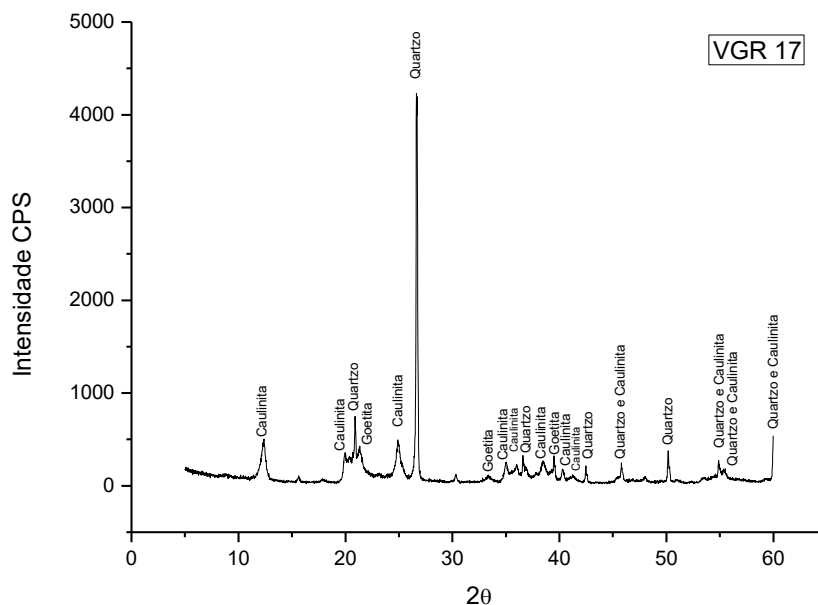
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 12 - Análise da amostra VGR 16, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos intermediários e menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

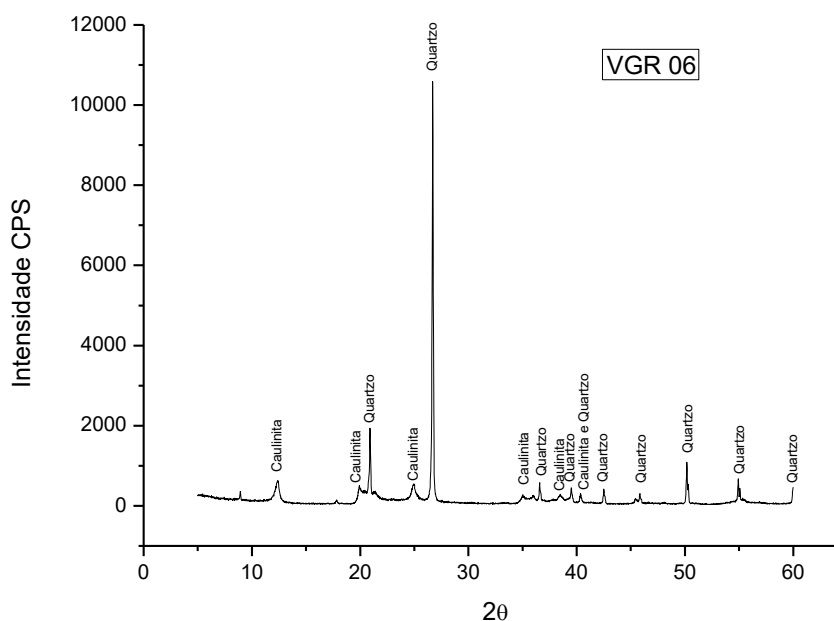
Difratograma 13 - Análise da amostra VGR 17, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

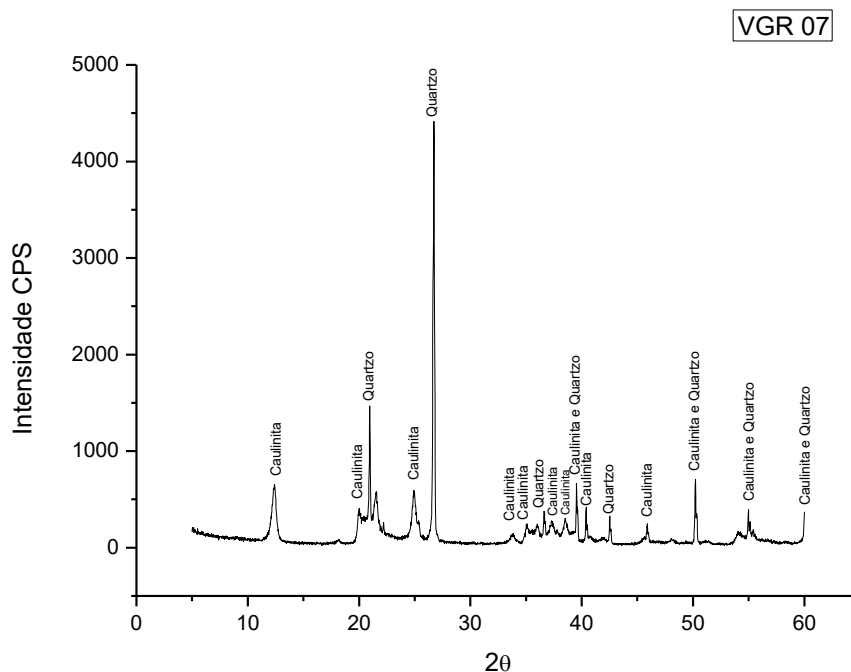
## REGIONAL NORDESTE

Difratograma 14 - Análise da amostra VGR 06, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



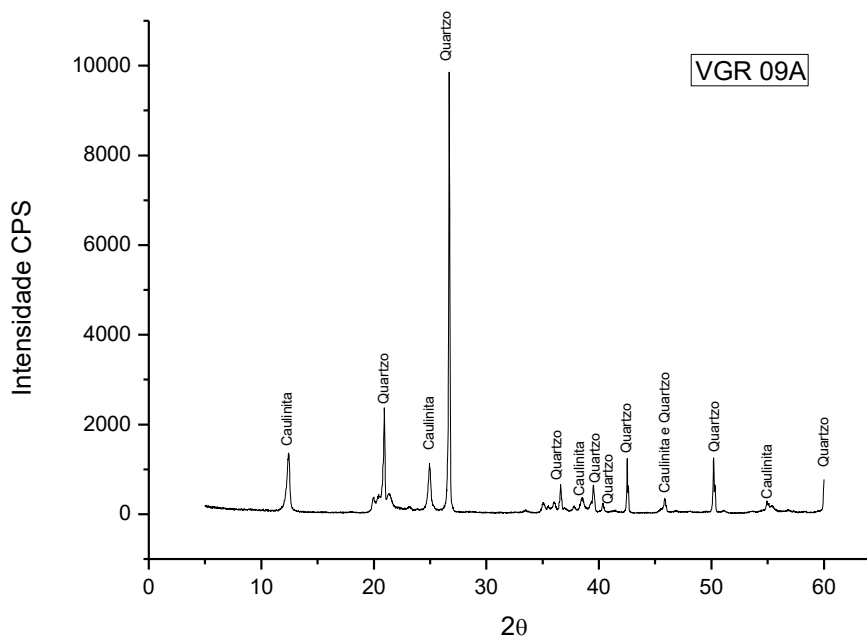
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 15 - Análise da amostra VGR 07, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



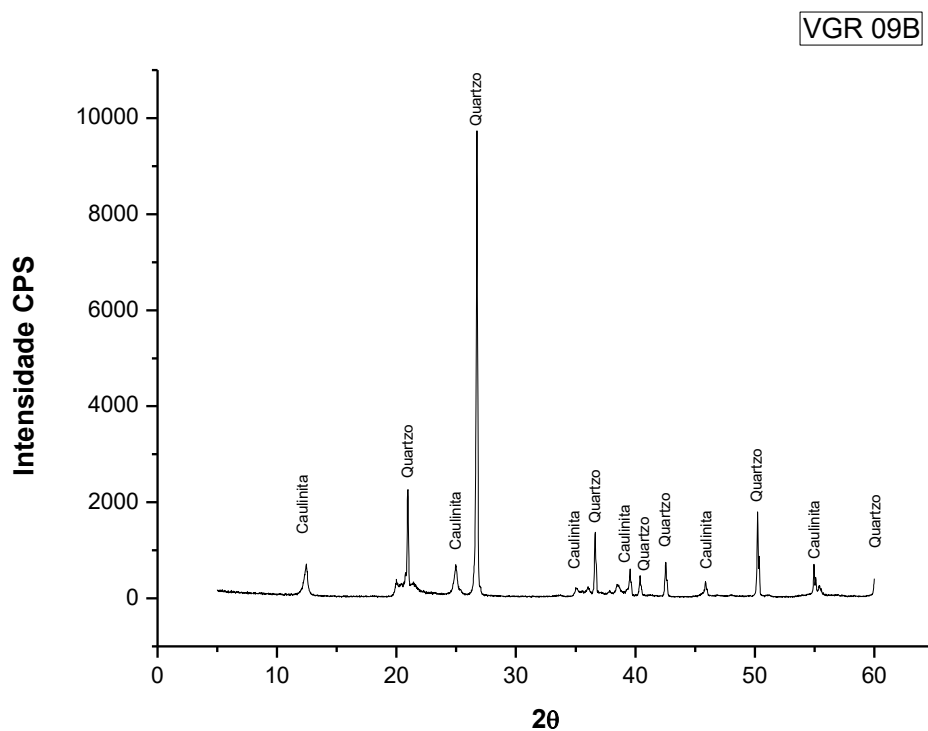
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 16 - Análise da amostra VGR 09A, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



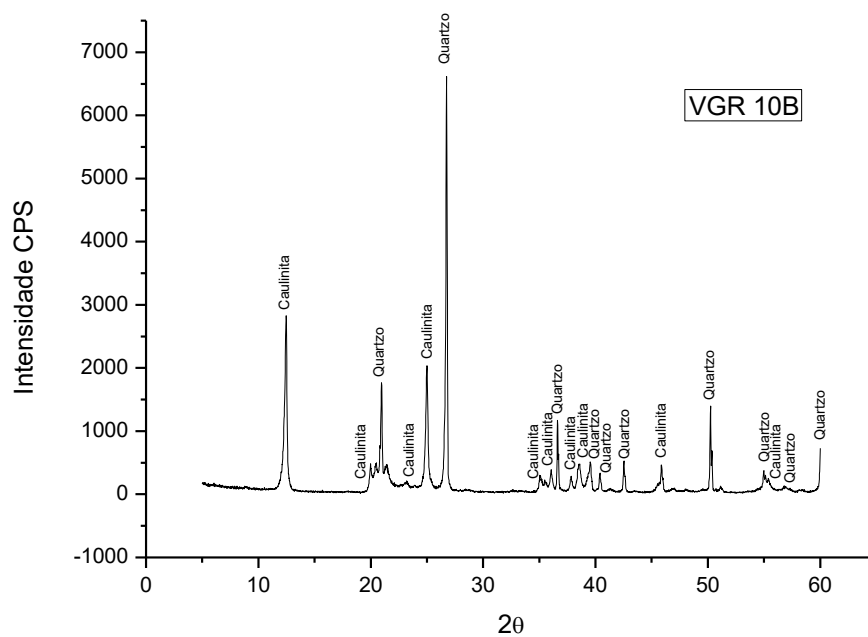
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 17 - Análise da amostra VGR 09B, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



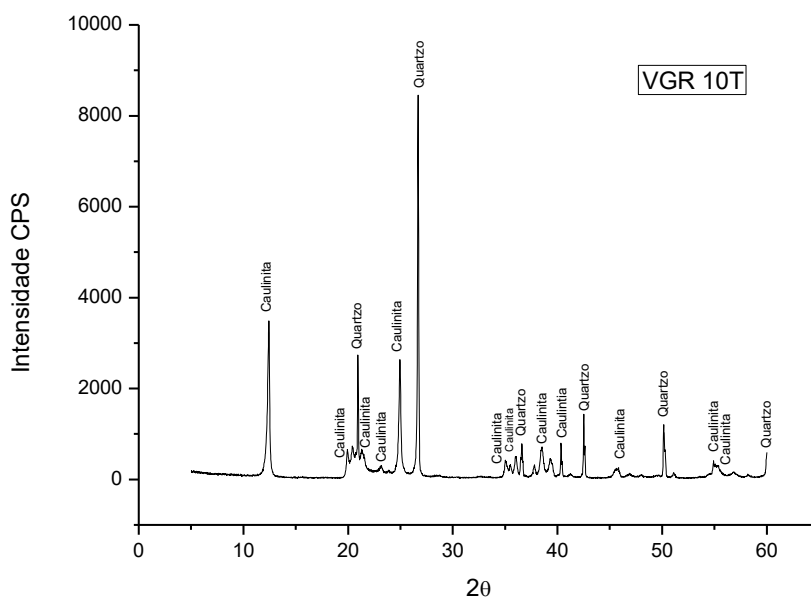
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 18 - Análise da amostra VGR 10B, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



Fonte: Autora (2019).

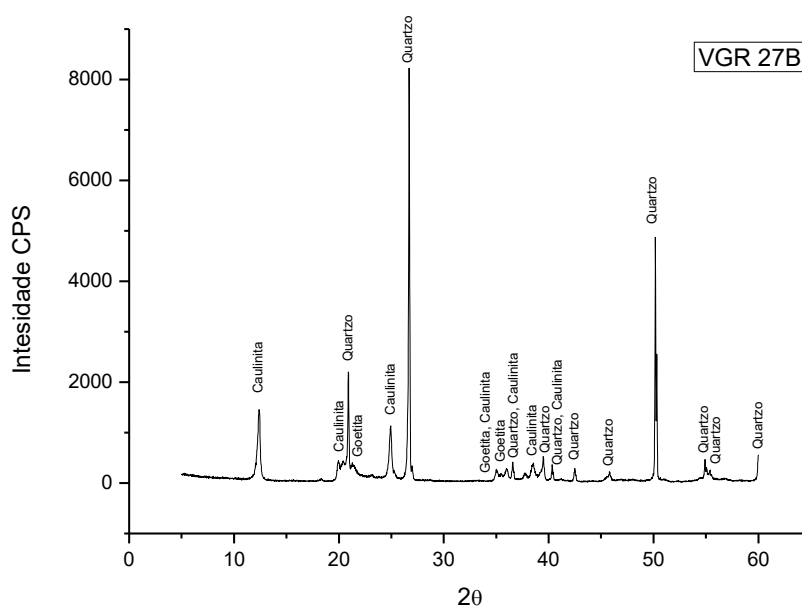
Difratograma 19 - Análise da amostra VGR 10T, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida. É composto essencialmente por quartzo e caulinita.



Fonte: Autora (2019).

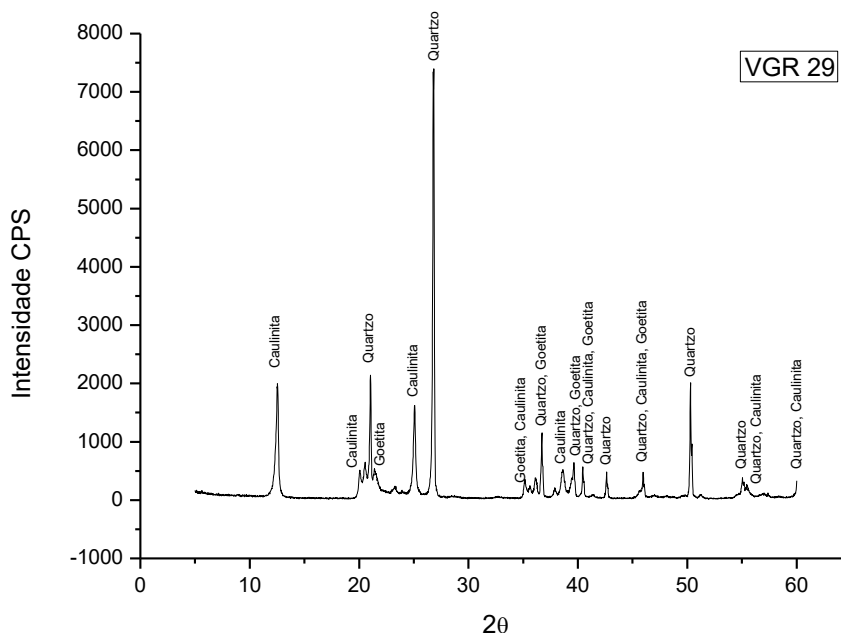
## REGIONAL SUL

Difratograma 20 - Análise da amostra VGR 27B, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



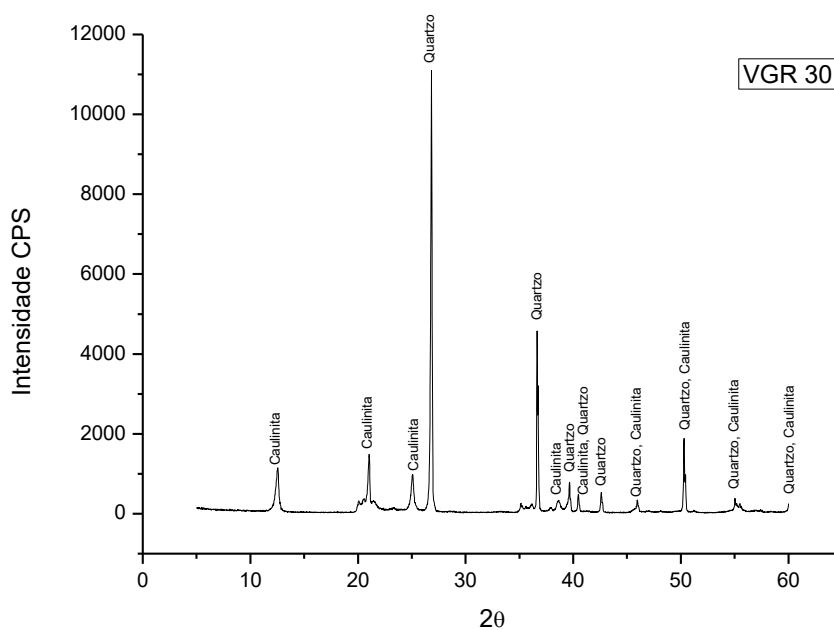
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 21 - Análise da amostra VGR 29, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

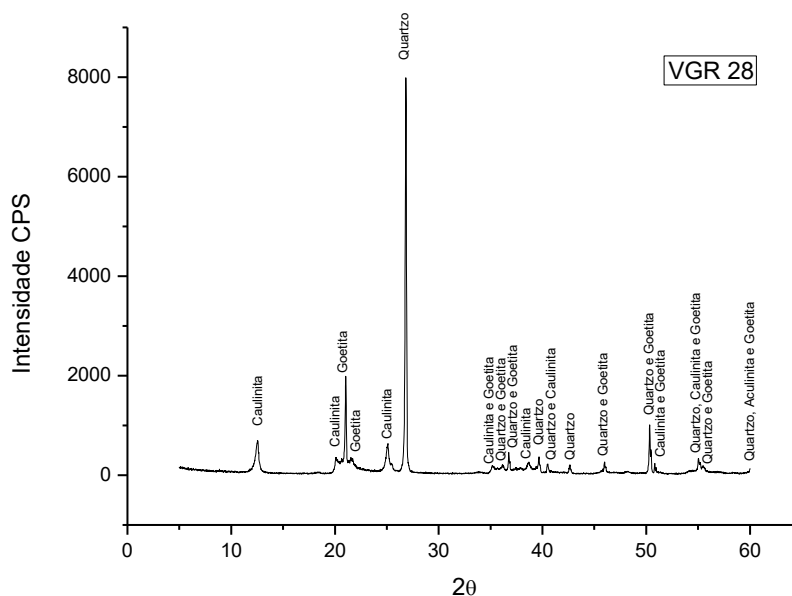
Difratograma 22 - Análise da amostra VGR 30, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



Fonte: Autora (2019).

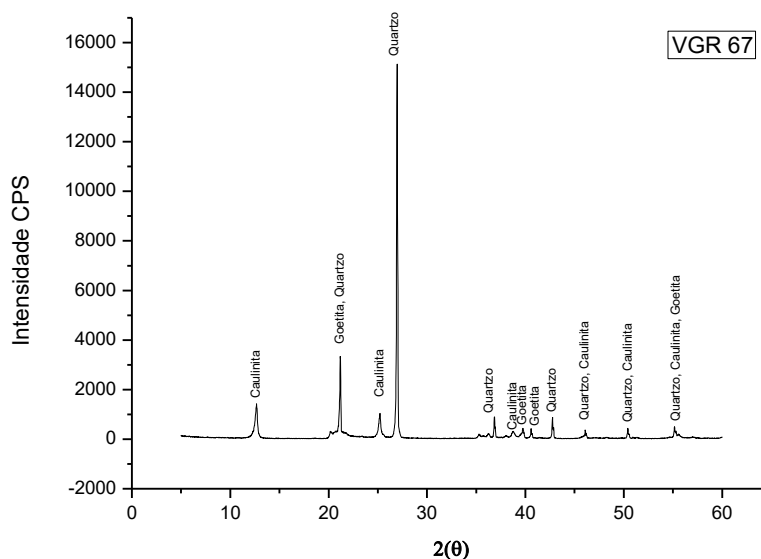
## REGIONAL OESTE

Difratograma 23 - Análise da amostra VGR 28, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos intermediários e menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

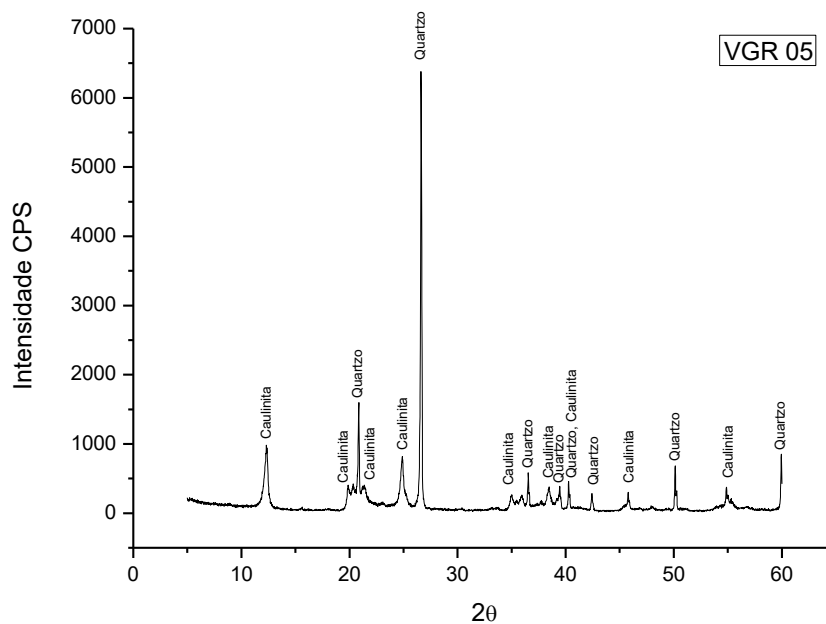
Difratograma 24 - Análise da amostra VGR 67, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos intermediários e menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

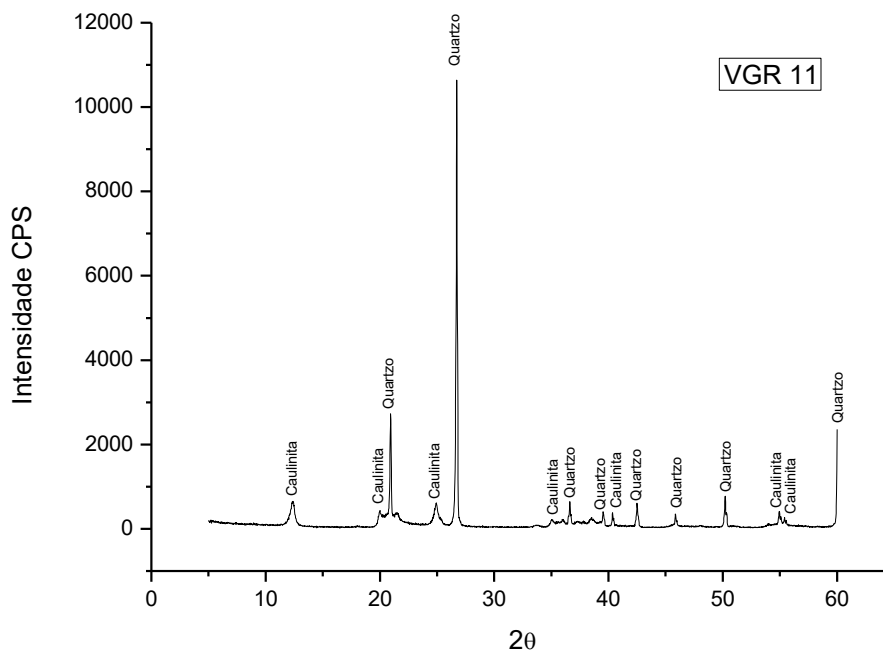
## REGIONAL NOROESTE

Difratograma 25 - Análise da amostra VGR 05, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



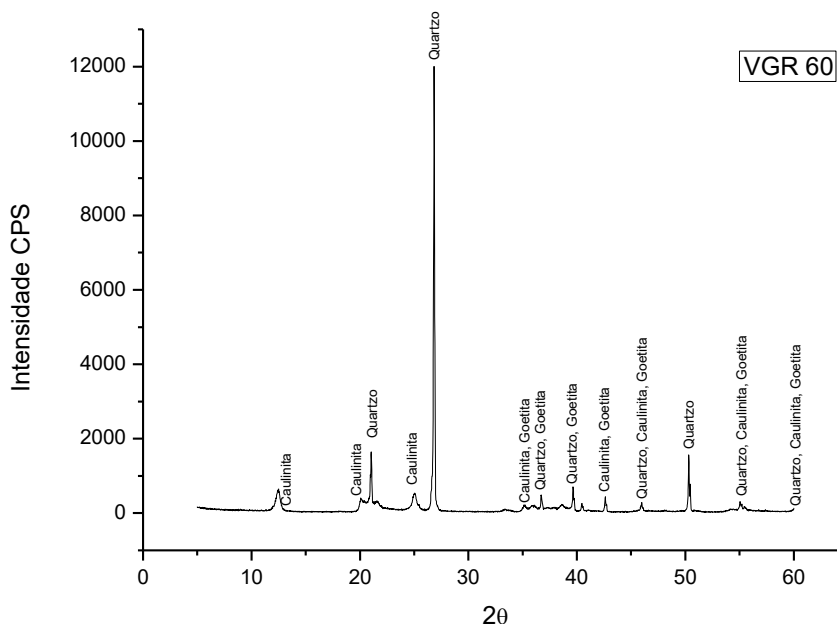
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 26 - Análise da amostra VGR 11, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida, é composto essencialmente por quartzo e caulinita.



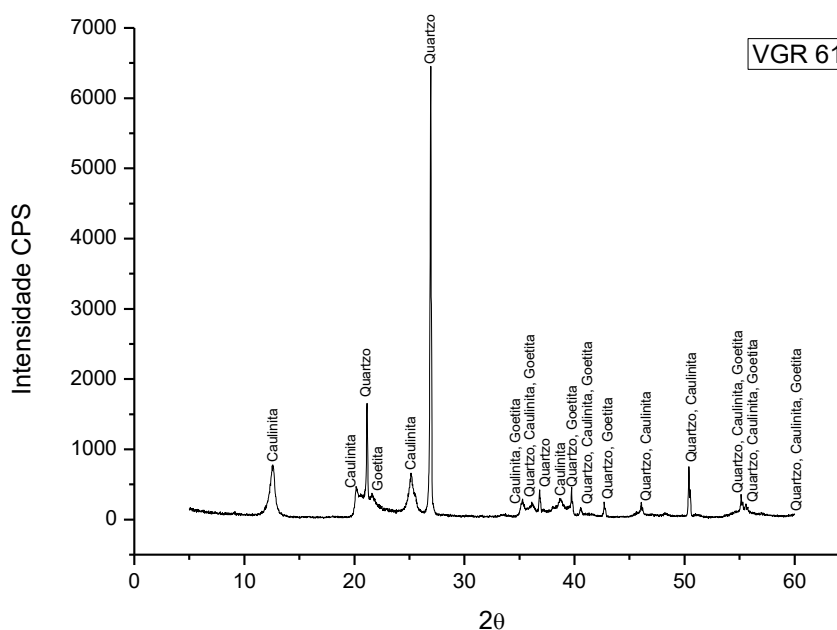
Fonte: Autora (2019).

Difratograma 27 - Análise da amostra VGR 60, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

Difratograma 28 - Análise da amostra VGR 60, através de DRX. O solo provém de uma rocha ácida e possui picos altos de quartzo, caulinita e seguidos picos menores de goetita. Além disso, o solo residual, se caracteriza por um capeamento argiloso e resistente devido a goetita, resultante da alteração in situ de uma rocha rica em óxido ferro.



Fonte: Autora (2019).

### APÊNDICE C - FICHA CADASTRAL DAS ÁREAS DE ENCOSTAS DEGRADADAS

|                                                                                                                                                                                       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Ponto:                                                                                                                                                                                | Data: |
| Localização:                                                                                                                                                                          |       |
| Coordenada (UTM):<br>SAD 69                                                                                                                                                           |       |
| Condições do tempo: <input type="checkbox"/> Ensolarado <input type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Chuvoso                                                             |       |
| <b>Geologia e pedologia:</b>                                                                                                                                                          |       |
| TIPO DA SITUAÇÃO                                                                                                                                                                      |       |
| <input type="checkbox"/> Ocorrência de processos erosivos <input type="checkbox"/> Possibilidade de processos erosivos<br><input type="checkbox"/> Sem indícios de processos erosivos |       |

| ASPECTOS LOCAIS                                  |                                       |                                     |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>TIPO DE OCUPAÇÃO / DENSIDADE:</b>             |                                       |                                     |
| <input type="checkbox"/> Favela                  | <input type="checkbox"/> Estrada      | <input type="checkbox"/> Alta       |
| <input type="checkbox"/> Área urbana estruturada | <input type="checkbox"/> Outras       | <input type="checkbox"/> Média      |
| <input type="checkbox"/> Área não ocupada        |                                       | <input type="checkbox"/> Baixa      |
| <b>TIPO DA VEGETAÇÃO / CONDIÇÕES:</b>            |                                       |                                     |
| <input type="checkbox"/> Arbórea                 | <input type="checkbox"/> Nenhuma      | <input type="checkbox"/> Alta       |
| <input type="checkbox"/> Arbustiva               |                                       | <input type="checkbox"/> Média      |
| <input type="checkbox"/> Rasteira                |                                       | <input type="checkbox"/> Esparsa    |
| <b>DRENAGEM / CONDIÇÕES:</b>                     |                                       |                                     |
| <input type="checkbox"/> Natural                 | <input type="checkbox"/> Satisfatória | <input type="checkbox"/> Danificada |
| <input type="checkbox"/> Construída              | <input type="checkbox"/> Insuficiente |                                     |
| <input type="checkbox"/> Inexistente             | <input type="checkbox"/> Obstruída    |                                     |
| <b>RELEVO / PERFIL DA ENCOSTA:</b>               |                                       |                                     |
| <input type="checkbox"/> Escarpado               | <input type="checkbox"/> Suave        | <input type="checkbox"/> Côncavo    |
| <input type="checkbox"/> Montanhoso              |                                       | <input type="checkbox"/> Convexo    |
| <input type="checkbox"/> Ondulado                |                                       | <input type="checkbox"/> Retilíneo  |

| CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS                 |                                            |                                                                           |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>LOCAL VISTORIADO:</b>                    |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Encosta natural    | <input type="checkbox"/> Talvegue          |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Talude de corte    | <input type="checkbox"/> Extração mineral  |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Talude de aterro   | <input type="checkbox"/> Outros            |                                                                           |
| <b>POSIÇÃO NA ENCOSTA</b>                   |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Topo               | <input type="checkbox"/> Terço superior    | <input type="checkbox"/> Terço inferior <input type="checkbox"/> Planície |
| <b>GEOMETRIA</b> ( Foto nº: )               |                                            |                                                                           |
| Altura (m): _____                           |                                            |                                                                           |
| Largura (m): _____                          |                                            |                                                                           |
| Inclinação (°): _____                       |                                            |                                                                           |
| <b>OBRAS DE CONTENÇÃO EXISTENTE:</b>        |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Sim                | <input type="checkbox"/> Privada           |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Não                | <input type="checkbox"/> Pública           |                                                                           |
| <b>CONDIÇÕES DE SATURAÇÃO :</b>             |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Seco               | <input type="checkbox"/> Com surgência     |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Úmido              | <input type="checkbox"/> Tubulação rompida |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Saturado           | <input type="checkbox"/> Artesianismo      |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Ver foto nº        |                                            |                                                                           |
| <b>NATUREZA DO MATERIAL:</b>                |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Solo               |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Rocha              |                                            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Com trincas        | <input type="checkbox"/> Tálus             | <input type="checkbox"/> Lixo                                             |
| <input type="checkbox"/> Sem trincas        | <input type="checkbox"/> Aterro            |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Com blocos         | <input type="checkbox"/> Solo residual     |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Fraturada          | <input type="checkbox"/> Solo sedimentar   |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Rocha sem fraturas | <input type="checkbox"/> Colúvio           |                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Com blocos         | <input type="checkbox"/> Entulho           |                                                                           |

| CARACTERÍSTICAS DA SITUAÇÃO                                                                 |  |                                                                                       |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Danos de vias                                                      |  | <input type="checkbox"/> Riscos para terceiros                                        |  |
| <input type="checkbox"/> Danos a bens particulares                                          |  | <input type="checkbox"/> Sem consequências                                            |  |
| <input type="checkbox"/> Danos a bens públicos                                              |  |                                                                                       |  |
| POSSIBILIDADES                                                                              |  |                                                                                       |  |
| GRAU DE RISCO:                                                                              |  |                                                                                       |  |
| <input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Baixo |  |                                                                                       |  |
| NÚMERO DE ELEMENTOS DE RISCO:                                                               |  |                                                                                       |  |
| <input type="checkbox"/> <10                                                                |  | <input type="checkbox"/> Moradia <input type="checkbox"/> Estradas                    |  |
| <input type="checkbox"/> <u>Vidas</u> <input type="checkbox"/> entre 10 e 30                |  | <input type="checkbox"/> Hospital/escola <input type="checkbox"/> Outro (especificar) |  |
| <input type="checkbox"/> >30                                                                |  | <input type="checkbox"/> Edificação/estrutura                                         |  |
| TIPOLOGIA DA EROSÃO/CARACTERÍSTICAS                                                         |  |                                                                                       |  |
| <input type="checkbox"/> Pluvial                                                            |  | <input type="checkbox"/> Escoamento <input type="checkbox"/> Lento                    |  |
| <input type="checkbox"/> Fluvial                                                            |  | <input type="checkbox"/> Subsidência <input type="checkbox"/> Rápido                  |  |
| <input type="checkbox"/> Marinha                                                            |  | <input type="checkbox"/> Complexo                                                     |  |

| SUPERRFÍCIE DE DESLIZAMENTO:          |                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Solo - solo  | <input type="checkbox"/> Rocha -rocha                 |
| <input type="checkbox"/> Solo - rocha | <input type="checkbox"/> Não identificada (descrever) |

| NECESSIDADE DE PROVIDÊNCIAS URGENTES                |  |
|-----------------------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Não                        |  |
| <input type="checkbox"/> Sim                        |  |
| Descrição da situação (informações complementares): |  |
|                                                     |  |

**SENDO:**

H - Altura do talude:

E - Extensão do talude:

Om - Ângulo médio do talude:

Op - ângulo parcial do talude:

Pé do talude - Ponto mais baixo:

Crista do talude - Ponto mais baixo:

**RESPONSÁVEL PELA VISTORIA:**

CREA:

CREA:

Instituição:

## APÊNDICE D - FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE PRAIAL

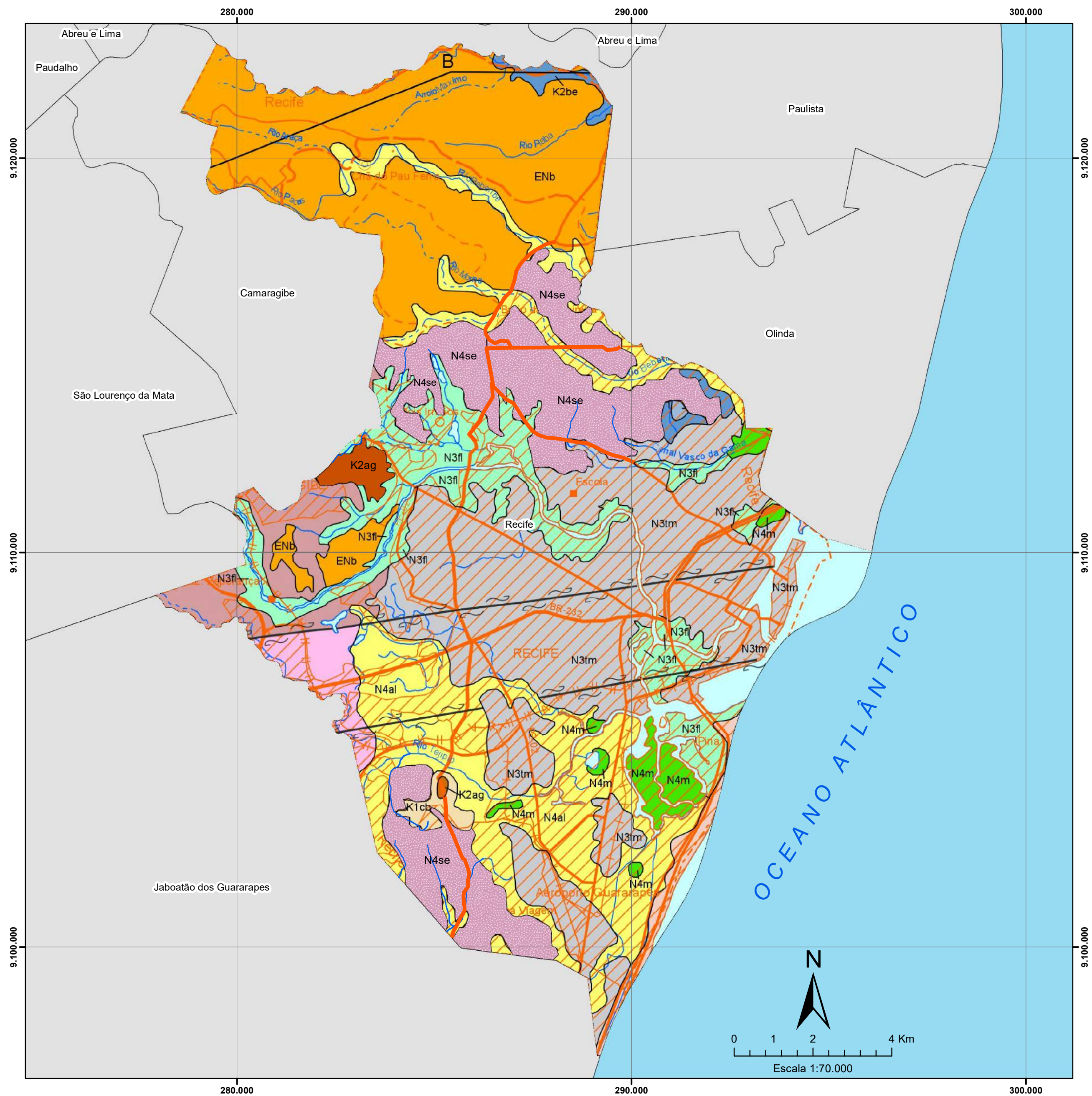
|                   |          |
|-------------------|----------|
| Ponto:            | Data:    |
| Localização:      |          |
| Coordenada (UTM): | (WGS 84) |

| PÓS PRAIA                                                                                  |                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Erosão:</b> ( ) Sim ( ) Não                                                             | <b>Deposição:</b> ( ) Sim ( ) Não - <b>Largura (m):</b> _____ |
| <b>Interferência antrópica:</b> Construção ( ) Pequena ( ) Grande ( ) Média ( ) Outras     |                                                               |
| <b>Vegetação:</b> ( ) Gramínia ( ) Salsa de praia ( ) Coqueiros ( ) Mangueiras ( ) Outras  |                                                               |
| <b>Sedimento:</b> ( ) Fino ( ) Médio ( ) Grosso                                            | <b>M. Pesados:</b> ( ) Sim ( ) Não                            |
| <b>Material Poluente:</b> ( ) Vidro ( ) Plástico ( ) Petróleo ( ) Lixo orgânico ( ) Outros |                                                               |
| <b>Corpo d'água:</b> ( ) Rio ( ) Riacho ( ) Lagoa ( ) Lago ( ) Maceió ( ) Outros           |                                                               |
| <b>Dunas:</b> ( ) Sim ( ) Não                                                              |                                                               |
| <b>Observações:</b>                                                                        |                                                               |

| ESCARPA DE BERMA                                                                               |                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Altura:</b> _____                                                                           | <b>Inclinação:</b> _____ <b>Estrutura sedimentar:</b> ( ) Sim ( ) Não |
| PRAIA OU ESTIRÂNCIO                                                                            |                                                                       |
| <b>Erosão:</b> ( ) Sim ( ) Não                                                                 | <b>Largura:</b> _____ <b>Inclinação:</b> _____                        |
| <b>Interv. Antrópica:</b> ( ) Espigão ( ) Enrocamento ( ) Muro de arrimo ( ) Gabião ( ) Outras |                                                                       |
| <b>Sedimento:</b> ( ) Fino ( ) Médio ( ) Grosso                                                | <b>M. Pesados:</b> ( ) Sim ( ) Não                                    |
| <b>Estruturas sedimentares:</b> ( ) Marca de onda ( ) Marcas de corrente ( ) Canaletas         |                                                                       |
| ( ) Cúspides ( ) Estratificações ( ) Marcas de escorregamento                                  |                                                                       |
| ( ) Marcas de espraiamento ( ) Outras                                                          |                                                                       |
| <b>Material Poluente:</b> ( ) Vidro ( ) Plástico ( ) Petróleo ( ) Lixo orgânico ( ) Outros     |                                                                       |
| <b>Observações:</b>                                                                            |                                                                       |

| ANTEPRAIA                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Sedimento:</b> ( ) Fino ( ) Médio ( ) Grosso                 |
| <b>Recifes:</b> ( ) Coral ( ) Arenito de praia                  |
| <b>Zona de arrebentação:</b> Largura (m): _____.                |
| <b>Interv. Antrópica:</b> ( ) Sim ( ) Não                       |
| ( ) Espigão ( ) Quebra mar ( ) Outras                           |
| <b>Tipo de Onda:</b> ( ) Mergulhante ( ) Deslizante ( ) Frontal |
| ( ) Ascendente                                                  |
| <b>Material Poluente:</b> ( ) Vidro ( ) Restos orgânicos        |
| ( ) Petróleo e derivados ( ) Outros                             |
| <b>Observações:</b>                                             |

APÊNDICE E - MAPA GEOLÓGICO PROPOSTO

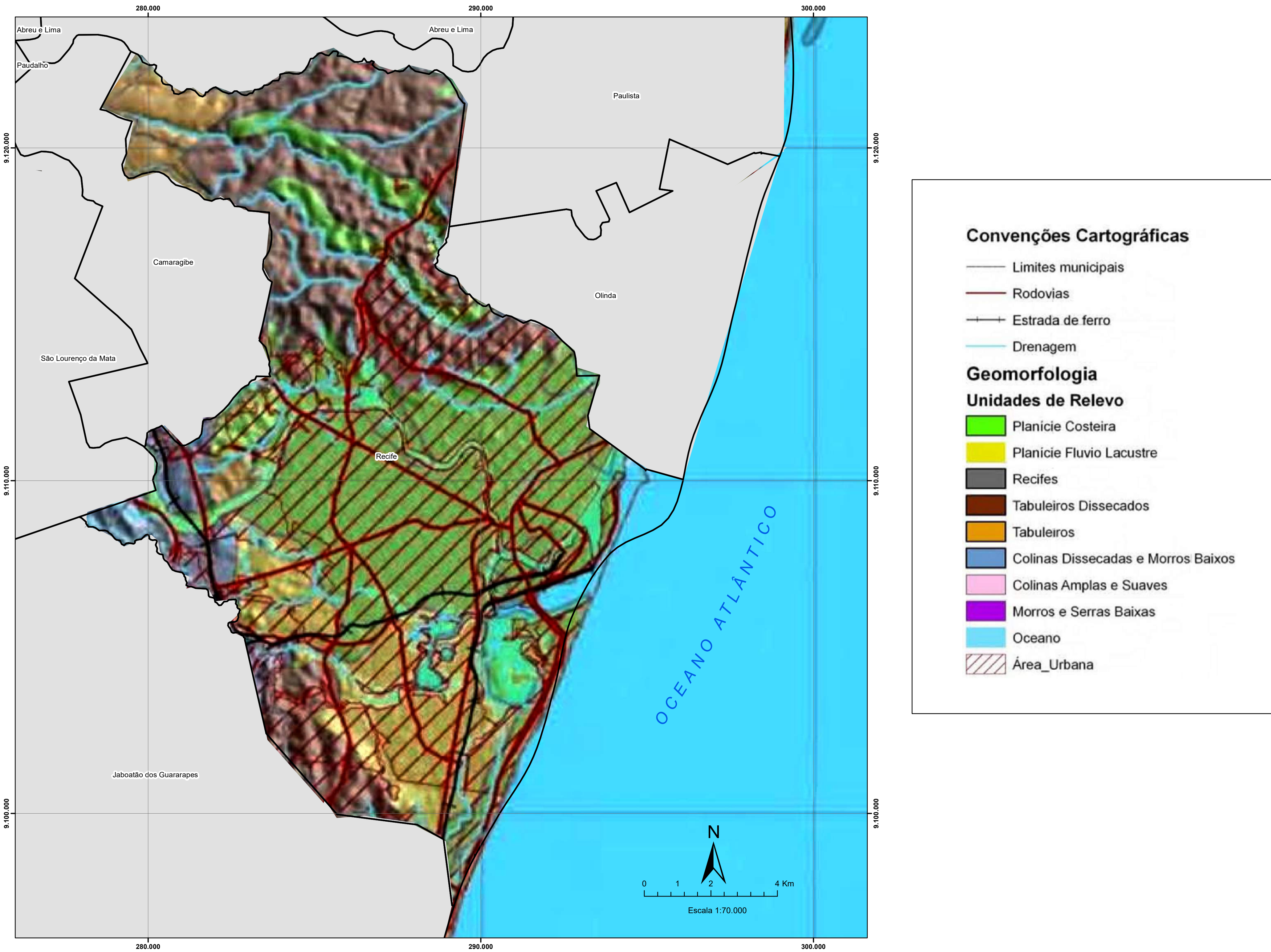


Fonte: CPRM (2010), modificado pela autora (2019).



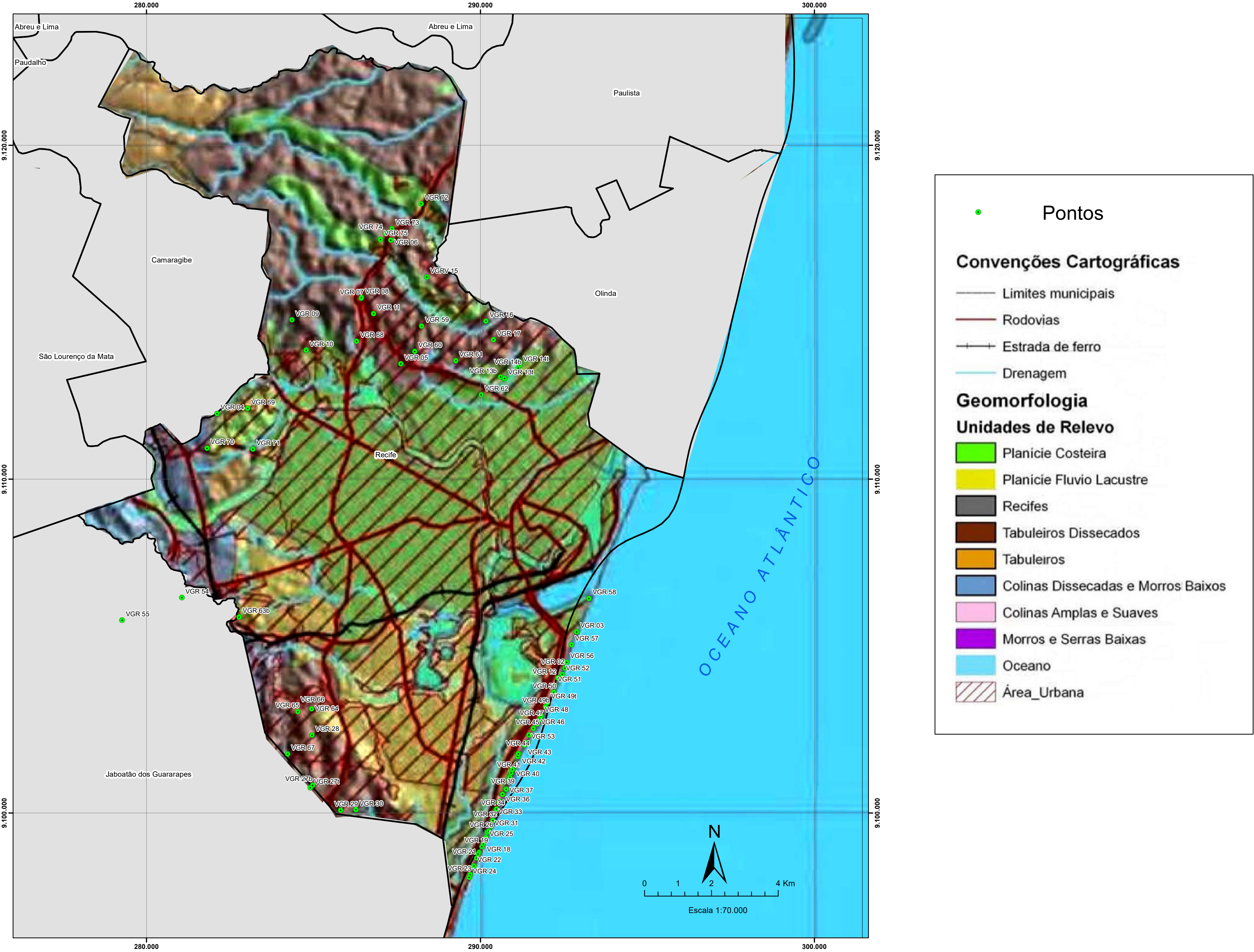
**Fonte: CPRM (2010), modificado pela autora (2019).**

APÊNDICE G - MAPA GEOMORFOLÓGICO



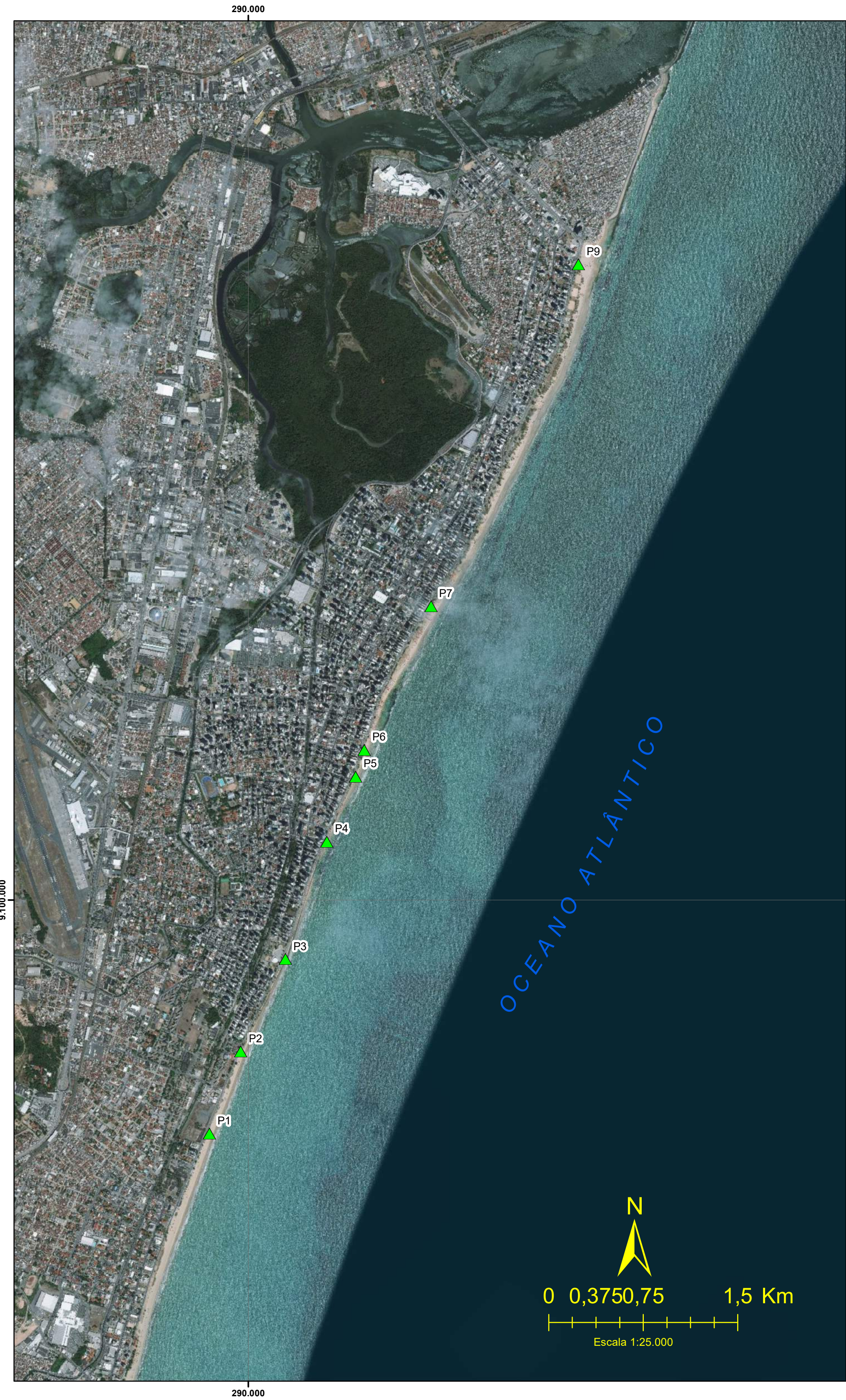
Fonte: Pfaltzgraff (2007), modificado pela autora (2019).

APÊNDICE H - MAPA GEOMORFOLÓGICO COM PONTOS



Fonte : Pfaltzgraff (2007), modificado pela autora (2019).

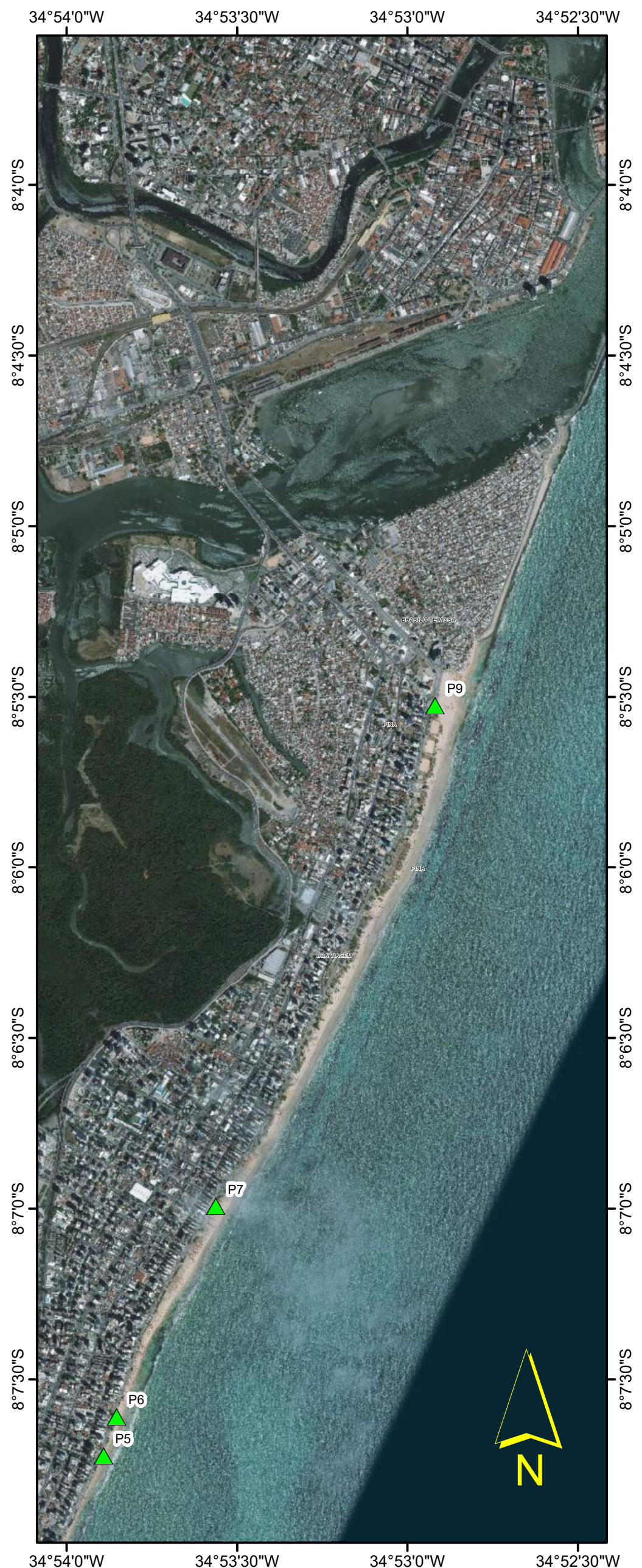
APÊNDICE I - MAPA COSTEIRO COM PERFIS



Enrocamento



Campo de Dunas



▲Perfis costeiros