

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE

Centro de Filosofia e Ciências Humanas – CFCH

Departamento de Ciências Geográficas – DCG

Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo

EDMÁRIO MARQUES DE MENEZES JÚNIOR

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NA
FOLHA PAULISTA (1:25.000) – REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

RECIFE, 2015

EDMÁRIO MARQUES DE MENEZES JÚNIOR

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NA
FOLHA PAULISTA (1:25.000) – REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

Dissertação de Mestrado apresentada por
Edmário Marques de Menezes Júnior ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de Pernambuco, para
obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão

RECIFE, 2015

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB-4 1291

M543a Menezes Júnior, Edmário Marques de.
Análise geomorfológica da suscetibilidade a deslizamentos na Folha Paulista (1:25.000) : Região Metropolitana do Recife / Edmário Marques de Menezes Júnior. – Recife: O autor, 2015.
156 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2015.
Inclui referências e apêndices.

1. Geografia. 2. Geomorfologia – Recife, Região Metropolitana do (PE). 3. Pedologia. 4. Climatologia. 5. Mapeamento geomorfológico. 6. Deslizamentos (Geologia). I. Girão, Osvaldo (Orientador). II. Título.

910 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2015-90)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE
FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS PROGRAMA DE PÓS
GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



EDMÁRIO MARQUES DE MENEZES JÚNIOR

**“ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NA FOLHA
PAULISTA (1:25.000) – REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.”**

Dissertação defendida e Aprovada pela banca examinadora:

Orientador: _____
Dr. OSVALDO GIRÃO DA SILVA (DCG-UFPE)

2º Examinador : _____
Dra. DANIELLE GOMES DA SILVA (DCG-UFPE)

3º Examinador: _____
Dra. NIVANEIDE ALVES DE MELO FALCÃO (IGDEMA-UFAL)

**RECIFE – PE
26/02/2015**

AGRADECIMENTO

Desde o princípio da minha existência agradeço a Deus pelo dom da vida e não poderia ser diferente neste instante tão importante. Ele e os seus auxiliares, certamente, conduziram-me até este patamar de conhecimento que utilizarei como ferramenta no auxílio dos mais necessitados.

E Ele que me concedeu esta família maravilhosamente unida e a qual me ampara nos momentos turbulentos, sempre. Ao meu pai (Edmário Menezes), à minha mãe (Kátia Menezes), ao meu irmão (Netinho) agradeço toda a compreensão demandada perante os muitos momentos que estive ausente. Aos meus pais, em especial, aproveito ainda para reconhecer os ensinamentos morais. Estes me guiarão por toda a trajetória que hei de percorrer.

Além da minha família sanguínea, serei eternamente grato a minha esposa, Flávia Vasconcelos, que me fez enxergar um mundo diferente. A qual incentivou a minha projeção no mundo acadêmico, ensinando-me das coisas mais básicas até as metodologias de pesquisas. Desempenhou um papel muito mais importante que isso. Participou intensamente dos últimos momentos da escrita deste trabalho, dos estresses, aflições e angústias. Eternamente grato pela paciência, companheirismo e carinho.

Na transição entre familiares e amigos profissionais, agradeço ao professor Doutor Osvaldo Girão, pois este me conduziu academicamente desde a especialização, ainda na UFRPE, quando me acolheu e iniciamos uma parceria acadêmica promissora. Concluímos satisfatoriamente o curso e ao comunicá-lo que desejaria cursar o mestrado na UFPE, de pronto buscou me ajudar e me indicou o professor Antonio Carlos do GEQUA. Por obra do destino, só consegui entrar no PPGEQ no ano de 2013, ano que o professor Girão ingressaria na UFPE e me acompanharia como orientador. Com o passar do tempo descobri que não tinha apenas um orientador, tinha um amigo. Professor Girão, sou grato por todas as orientações. Porém, sou mais grato por ter um orientador que consegue ser humano, ser amigo.

Aproveito a oportunidade para agradecer a receptividade do professor Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa ao meu ingresso no GEQUA.

Às coordenadoras do Programa de Pós-Graduação em Geografia Prof.^a Dra. Ana Cristina de Almeida Fernandes e Prof.^a Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.

Não poderia me furtar de recordar de um amigo, hoje Professor da UFS, que sem ele dificilmente estaria aqui neste instante. Sou imensamente grato a Daniel Lira que me incentivou desde a seleção do mestrado, fornecendo material para estudo, passando

mensagens buscando informações do andamento do Pré-Projeto e cobrando que eu estudasse cada vez mais. Além das suas contribuições com o ArcGIS, mesmo que não sendo de forma delicada polida.

Após entrar no PPGEO, fui feliz ao encontrar três pessoas que se tornariam os meus melhores amigos: Gustavo Borges, Marcelo Miranda e Wemerson Flávio (em ordem alfabética, pois vocês são igualmente importantes para mim). A amizade de vocês denuncia uma segurança, um porto seguro. Neste eu posso expor minhas dificuldades conjunturais e certamente serei amparado e, sobretudo, compreendido. Mais que isso, serei aconselhado, como se fosse uma cúpula que escuta, debate e gera um argumento após todos mostrarem a sua opinião. Obrigado, amigos!

Devo um parágrafo especial para um grande amigo. Não diferentemente dos anteriores, mas por existir uma proximidade maior durante todo o processo e as suas contribuições constantes, os debates de última hora e a participação fundamental no meu campo de estudo, mostrando disponibilidade e alegria. Wemerson Flávio, meu amigo “Slow”, obrigado por ser este ser humano maravilhoso, simples e humilde.

Ainda no âmbito da amizade, destaco a existência inusitada de uma criatura que procura transpassar ser fechada e irritada. Realmente é, mas para àqueles que não conseguem fissurar o seu coração e encontrar a ternura, a doçura, o carinho e a fraternidade. Não obstante de continuar com tais características citadas anteriormente. Porém, gostar de alguém não é para os fracos. Deixo registrada a materialidade de toda a sua fraternidade e dedicação, quando o objetivo é ajudar alguém, a minha grande amiga Drielly Naamma.

De grande valor, surge também a necessidade de evidenciar a figura de Jonas Souza, perante a sua amizade e disponibilidade para cooperar no processamento de dados em softwares, bem como na utilização de equipamentos do laboratório.

É relevante também mensurar os meus amigos do GEQUA pela contribuição direta e/ou indireta na construção dessa pesquisa, além dos momentos de descontração: Ana Clara Magalhães, Adriana Cassiano, Antonio Carlos Rocha, Bruno Tavares, Cláudio Cabral, Flávia Lima, Kleyton Monteiro e Leandro Diomério.

Finalmente à CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”
(Albert Einstein)

RESUMO

Os fenômenos morfodinâmicos na Região Metropolitana do Recife (RMR) são deveras recorrentes, mediante as feições geomorfológicas, o substrato geológico, os condicionantes pedogenéticos e o perfil climatológico, no âmbito pluvial, que constroem um ambiente favorável para tais eventos. Dentre os processos morfodinâmicos, os movimentos de massa, destacando os escorregamentos rotacionais, que neste trabalho são denominados como deslizamentos, são recorrentes durante o período chuvoso. A área investigada compreende a folha Paulista (1:25.000) SB.25-YC-VI, localizada na porção norte da RMR e agrupa delimitações territoriais dos municípios de Igarassu, Abreu e Lima, Paulista, Olinda, Camaragibe e Recife. O estudo investigou os pontos de suscetibilidade aos deslizamentos, classificando-os em três níveis de suscetibilidade: baixo, médio e alto. Para tal, fez-se uso da metodologia da *Analytic Hierarchy Process* ou simplesmente AHP que através de critérios pré-selecionados, utiliza uma matriz quadrada, a qual realiza uma análise aos pares, culminando em um peso para cada critério. Os critérios utilizados foram os compartimentos geológicos, os aspectos pedológicos, as curvaturas das encostas, a declividade e o tipo de uso da terra, totalizando cinco critérios. Contudo, antecipadamente houve a confecção do material cartográfico de todos os critérios e transformando-os em *raster*, com uma coluna de tributos intitulada de peso. Nesta já ocorria uma subclassificação quanto ao nível de suscetibilidade (1 = baixo; 2 = Médio; 3 = Alto). Em seguida realizou-se a álgebra entre os mapas culminando no mapa de suscetibilidade da folha Paulista (1:25.000). Para validar o mapeamento, demandou-se investida a campo objetivando a compreensão mais detalhada de cada tipo de suscetibilidade, a qual se deu em dois pontos para nível de suscetibilidade (um ponto urbano e outro periurbano). Tão logo analisado os dados obtidos em campo, estes foram comparados ao mapa de suscetibilidade. Constatou-se que as características dos critérios dos pontos investigados estavam condizentes com os do mapeamento previamente confeccionado. Além da soberania da curvatura da encosta e da declividade sobre os outros critérios. Para o primeiro, as feições que o perfil vertical se apresentou de forma côncava ou convexa agrupadas à geometria horizontal condizente a mesma classificação, traduziu encostas mais susceptíveis aos deslizamentos, assim como nos níveis de declividade superior aos 11°. Sobremaneira nas que se encontram no primeiro nível da suscetibilidade mais elevada, entre 17° e 27°, e superiores. E para os demais critérios, que obtiveram pesos inferiores, quando apresentaram índices de suscetibilidade elevados, mesmo não possuindo uma proeminência numérica quanto ao peso para a álgebra final, quando foram encontrados reunidos em dois ou três, nos pontos investigados, resultou na elevação da suscetibilidade final. Logo, o mapa de suscetibilidade elaborado a partir da AHP forneceu resultados confiáveis, pois foi ratificado perante a análise dos pontos que se enquadraram nas classificações já encontradas no mapeamento. Este resultou, majoritariamente, em áreas com baixa suscetibilidade, correspondendo a 56,73% da Folha Paulista (1:25.000). Para o nível mediano e elevado foram de 28,66% e 14,61%, respectivamente. A maior espacialização do nível inferior esteve ligada aos Tabuleiros pouco dissecados, a oeste, e a planície, a leste.

Palavras-chave: AHP. Geomorfologia. Região Metropolitana do Recife.

ABSTRACT

The morphodynamic phenomena in the Metropolitan Region of Recife (RMR) is indeed the recurrent, because of geomorphological features, the geological substratum, pedogenic conditions and the climatic profile in the rainfall under, building a favorable environment for such events. Among the morphodynamic processes, the mass movements, highlighting the rotational landslides, which in this work are termed as landslides, are recurring during the rainy season. The study area comprises the Paulista chart (1: 25.000) SB.25-YC-VI, located in the northern portion of the RMR and groups territorial boundaries of the cities of Igarassu, Abreu e Lima, Paulista, Olinda, Recife and Camaragibe. The study investigated points of susceptibility to landslides, classifying them into three levels of susceptibility: low, medium and high. To this end, made use of the methodology of the Analytic Hierarchy Process or simply AHP that through pre-selected criteria, using a square matrix, which realize an analysis in pairs, culminating in a weight to each criterion. The criteria used were the geological compartment, pedological aspects, the curvatures of the slopes, declivity and type of land use, totaling five criteria. However, there was advance the making of the map material of all criteria and turning them into *raster*, with a tax column titled weight. This occurred a subclassification the level of susceptibility (1 = low, 2 = average, 3 = high). Then there was the algebra between maps culminating of susceptibility map of Paulista chart (1: 25,000). To validate the map, demanded invested in the field aiming at more detailed understanding of each type of susceptibility, which occurred in two points to level of susceptibility (an urban point and other periurban). Once analyzed the data obtained in the field, they were compared to the map of susceptibility. It was found that the characteristics of the criteria of the investigated points were consistent with the previously made mapping. In addition to the sovereignty of the slope curvature and declivity on the other criteria. For the former, the features that the vertical profile presented concave or convex grouped to consistent horizontal geometry the same classification, translated more susceptible to landslides slopes, as in steepness levels to 11° . Mainly those which are on the first level of the highest susceptibility, between 17° and 27° and higher. To the other criteria, which had lower weights, when presented high susceptibility rates, even not having a numerical prominence in weight for the final algebra, when it was found together in two or three, on the investigated points, resulting on the increasement of the final susceptibility. Therefore, the susceptibility map drawn from the AHP provided reliable results which was ratified after the analysis of the points that were classified in the ratings already found in the mapping. This resulted mainly in areas with low susceptibility, corresponding to 56.73% of the Paulista chart (1: 25.000). For the high and medium levels were 28.66% and 14.61%, respectively. The most spatializing of the lower level was linked to the few dissected Tablelands in the west and the Plains to the east.

Keywords: AHP. Geomorphology. Metropolitan Region of Recife.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Danos totais (US\$ bilhões) causados por desastres naturais relatados 1990 -2012..	21
Figura 2: Diferença entre encosta, talude natural, de corte e artificial	30
Figura 3: Tipos e formas geométricas de taludes naturais	31
Figura 4: Perfil vertical x horizontal da encosta.....	31
Figura 5: Movimento de massa caracterizado como Rastejo	36
Figura 6: Movimento de massa caracterizado como Corrida.....	37
Figura 7: Representação generalizada da queda de blocos.....	38
Figura 8: Queda de bloco na categoria de Rolamento.....	38
Figura 9: Queda de bloco na categoria de Tombamento	39
Figura 10: Escorregamentos circulares rotacionais	40
Figura 11: Escorregamento planar (Translacional)	41
Figura 12: Localização da área de estudo.....	46
Figura 13: Subdivisão da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba com a localização da Folha Paulista (1:25.000).....	48
Figura 14: Unidades geológicas	49
Figura 15: Visualização da planície no município de Paulista - Porção centro-leste da área. .	53
Figura 16: Visualização ao fundo dos Terraços pouco dissecados no município do Recife - Porção centro-leste da área.	54
Figura 17: Visualização das colinas (morros) no município do Recife - porção centro sul da área.....	55
Figura 18: Mapa hipsométrico.....	56
Figura 19: Cobertura pedológica	58
Figura 20: Carta sinótica - 18/06/10	63
Figura 21: Imagens do satélite GOES 12 Realçadas dos dias 17 e 18/06/2010	64
Figura 22: Principais rios da rede hidrográfica da Folha Paulista.....	66
Figura 23: Tipos de curvatura da encosta.....	77
Figura 24: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério geológico	89
Figura 25: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério pedológico	91
Figura 26: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério de curvatura da encosta	93
Figura 27: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério de uso e ocupação do solo	95
Figura 28: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério de declividade.....	97
Figura 29: Suscetibilidade aos deslizamentos na Folha Paulista (1:25.000).....	102
Figura 30: Encosta do ponto 1 (Igarassu).....	104

Figura 31: Blocodiagrama do ponto 1 (Igarassu) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)	107
Figura 32: Encosta do ponto 2 (Abreu e Lima)	109
Figura 33: Blocodiagrama do ponto 2 (Abreu e Lima) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)	112
Figura 34: Encosta oposta do ponto 2 (Abreu e Lima).....	114
Figura 35: Presença do córrego entre as duas encostas	114
Figura 36: Encosta do ponto 3 (Paulista).....	115
Figura 37: Blocodiagrama do ponto 3 (Paulista) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)	117
Figura 38: Encosta do ponto 4 (Paratibe)	120
Figura 39: Blocodiagrama do ponto 4 (Paratibe) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)	123
Figura 40: Encosta do ponto 5 (Pica-Pau)	125
Figura 41: Blocodiagrama do ponto 5 (Pica-Pau) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)	128
Figura 42: Encosta do ponto 6 (Brejo)	130
Figura 43: Blocodiagrama do ponto 6 (Brejo) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)	132
Figura 44: Unidade Geomorfológicas da Folha Paulista (1:25.000) com os pontos de análise	137
Figura 45: Suscetibilidade a deslizamentos e os pontos analisados na Folha Paulista (1:25.000)	138

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: População absoluta dos municípios (1991, 2000 e 2010)	73
Gráfico 2: Taxas da evolução demográfica por município entre os anos de 1991-2000 e 2000-2010	74
Gráfico 3: Perfil vertical da encosta do ponto 1 (Igarassu)	106
Gráfico 4: Perfil vertical da encosta do ponto 2 (Abre e Lima)	111
Gráfico 5: Perfil vertical da encosta do ponto 3 (Paulista).....	117
Gráfico 6: Perfil vertical da encosta do ponto 4 (Paratibe)	122
Gráfico 7: Perfil vertical da encosta do ponto 5 (Pica-Pau)	127
Gráfico 8: Perfil vertical da encosta do ponto 6 (Brejo).....	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação de talude	32
Quadro 2: Mecanismo de conversão em porcentagem, grau e proporção.....	33
Quadro 3: Classificação da declividade em porcentagem	33
Quadro 4: Comparação dos tipos de classificações sobre os movimentos de massa	35
Quadro 5: Condicionantes na instabilidade do talude	42
Quadro 6: Fatores contribuintes para maior força ao cisalhamento	42
Quadro 7: Fatores contribuintes para menor força ao cisalhamento	43
Quadro 8: Definição dos tipos de Formações presentes na área de estudo	50
Quadro 9: Classificação do Uso e Ocupação da terra	78
Quadro 10: Classes de declividade.....	79
Quadro 11: Classificação dos riscos por unidade geológica	80
Quadro 12: Classificação dos riscos por unidade de solo	80
Quadro 13: Classificação dos riscos por tipo de curvatura da encosta.....	81
Quadro 14: Classificação dos riscos por tipo de uso e ocupação da terra	81
Quadro 15: Classificação dos riscos por níveis de declividade.....	82
Quadro 16: Matriz quadra dos critérios	82
Quadro 17: Níveis de intensidade de importância.....	83
Quadro 18: Matriz de normalização	84
Quadro 19: Valores do RI correspondente ao número de critérios utilizados na matriz.....	85
Quadro 20: Identificação dos pontos de análise por nível de suscetibilidade	86
Quadro 21: Relação entre nível de suscetibilidade e pontos analisados.....	103
Quadro 22: Relação dos critérios, o mapa de suscetibilidade e os pontos	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Divisão proporcional dos municípios na área de estudo	47
Tabela 2: Relação entre as bacias hidrográficas e os municípios presente na quadrícula.....	65
Tabela 3: Comparação entre os dados da evolução populacional entre 1991, 2000 e 2010	72
Tabela 4: Comparação dos critérios	98
Tabela 5: Matriz de normalização entre os critérios.....	101
Tabela 6: Dados altimétricos do ponto 1 (Igarassu).....	108
Tabela 7: Dados altimétricos do ponto 2 (Abreu e Lima).....	113
Tabela 8: Dados altimétricos do ponto 3 (Paulista).....	118
Tabela 9: Dados altimétricos do ponto 4 (Paratibe).....	124
Tabela 10: Dados altimétricos do ponto 5 (Pica-Pau).....	129
Tabela 11: Dados altimétricos do ponto 6 (Brejo)	133

LISTA DE SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
Bt	Horizonte B textural
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco
CPRM	Serviço Geológico Nacional
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
ENE	Nordeste Oriental
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
FPA	Frente Polar Atlântica
GL	Grupo das Bacias Hidrográficas Litorâneas
IDH - M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
LA	Latossolo Amarelo
LI	Linhas de Instabilidade
MDT	Modelo Digital de Terreno
NEB	Nordeste Brasileiro
PA	Argissolo Amarelo
PNM	Pressão do Nível do Mar
POA	Perturbações Ondulatórias dos Alísios
RMR	Região Metropolitana do Recife
SM	Solo de Mangue
TSM	Temperature da Superfície do Mar
WP/WLI	Working Party on World Landslide Inventory
VC	Vórtice Ciclônico
VCAN	Vórtice Ciclônicos de Altos Níveis
ZANE	Zoneamento Agroecológico do Nordeste
ZAPE	Zoneamento Agroecológico de Pernambuco
ZCEN	Zona de Convergência do Nordeste Oriental
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 O ambiente natural e a sociedade	19
2.2 Evento Natural, Riscos e Perigos Geomorfológicos	23
2.3 Aspectos pluviais como desencadeador de movimentos gravitacionais de massa	26
2.4 Movimentos de massa	28
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	45
3.1 Localização da área	45
3.2 Geologia	47
3.3 Geomorfologia	52
3.4 Pedologia	57
3.4.1 Latossolos Amarelos	57
3.4.2 Argissolos Amarelos	59
3.4.3 Espodossolos	59
3.4.4 Gleissolos	59
3.4.5 Solos de Mangue (Organossolos)	60
3.5 Climatologia	60
3.6 Hidrografia	64
3.6.1 Bacia do Rio Igarassu	67
3.6.2 Bacia do Rio Timbó	67
3.6.3 Bacia do Rio Paratibe	68
3.6.4 Bacia do Rio Beberibe	68
3.6.5 Bacia do Rio Capibaribe	69
3.7 Uso Da Terra	69
4 MATERIAIS E MÉTODOS	75
4.1 Material cartográfico	75
4.2 Método de Análise de Processos Hierárquicos (AHP)	79
4.3 Mapa de suscetibilidade aos deslizamentos	85
4.4 Campo	87
5 RESULTADO E DISCUSSÕES	88
5.1 Suscetibilidade aos deslizamentos por critérios	88

5.1.1 Critério geológico.....	88
5.1.2 Critério pedológico.....	90
5.1.3 Critério de curvatura da encosta.....	92
5.1.4 Critério do tipo de uso da terra.....	94
5.1.5 Critério da declividade	96
5.2 Geração da AHP.....	98
5.3 Análises dos pontos.....	103
5.4 Relação entre os critérios, o mapa de suscetibilidade e os pontos analisados.....	134
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
REFERÊNCIAS	141
APÊNDICE A – Ficha de campo do ponto 1 (Igarassu).....	151
APÊNDICE B – Ficha de campo do ponto 2 (Abreu e Lima)	152
APÊNDICE C – Ficha de campo do ponto 3 (Paulista).....	153
APÊNDICE D – Ficha de campo do ponto 4 (Paratibe)	154
APÊNDICE E – Ficha de campo do ponto 5 (Pica-Pau)	155
APÊNDICE F – Ficha de campo do ponto 6 (Brejo).....	156

1 INTRODUÇÃO

A natureza em sua dinâmica cíclica exhibe um cenário muitas vezes de difícil compreensão quando submetido a acontecimentos de elevada magnitude, sobretudo quando apresenta a probabilidade de atingir a sociedade. Contudo, com ou sem a participação desta na deflagração dos acontecimentos, estes se farão presentes em maior ou menor quantidade perante os próprios condicionantes naturais.

É de extrema importância investigar os elementos responsáveis por qualquer evento dessa natureza, objetivando perceber qual a magnitude, a recorrência e a localização, seja em locais ocupados pela população ou não. Dentre as várias possibilidades, o presente estudo estará emoldurado pelos movimentos de massa, especificamente os deslizamentos.

A gama de pesquisas na Região Metropolitana do Recife é fundamentada pela ocupação populacional de grande impacto ambiental, modificando a paisagem desde o início do século XVI com as atividades extrativistas, em seguida com a implementação da agricultura monocultora da cana-de-açúcar e mais recentemente com a expressiva ocupação demográfica. Este progresso de uso da terra de modo deliberado no litoral pernambucano permitiu impactos ambientais severos (retificação de canais, corte de encostas, retirada da camada vegetal etc.) que em conjunto promovem uma readequação do sistema ambiental.

Nessa perspectiva, surge o interesse de investigar os condicionantes responsáveis pela suscetibilidade aos deslizamentos na folha Paulista (1:25.000), inserida na Região Metropolitana do Recife, motivado pela dinâmica climática da região, condicionada por elevados índices pluviométricos e histórico de deslizamentos. Sobretudo, diante da inserção da área ser modelada pelas colinas e tabuleiros, unidades geomorfológicas que alertam para a maior probabilidade acerca dos eventos naturais (deslizamentos).

Contudo, tendo a área aproximadamente 190 km², às condições do referido seriam facilitadas com as tecnologias de geoprocessamento, ainda como ferramenta introdutória para as análises, não refutando os procedimentos de investigadas mais detalhadas. Esse impasse aquece o debate convergindo às geotecnologias com os movimentos de massa no Brasil e asseguram a busca progressiva por estas tecnologias objetivando identificar áreas susceptíveis.

Nesse parâmetro emerge o anseio de reconhecer às áreas de suscetibilidade aos deslizamentos na folha Paulista (1:25.000), permeado pelas ferramentas de

geoprocessamento, além da pesquisa em campo, a partir dos parâmetros condicionadores na dinâmica processual desse fenômeno.

O estudo se concentrará em mapear, identificar e classificar as áreas de suscetibilidade a deslizamentos na folha Paulista (1:25.000) através da análise de elementos responsáveis por deflagrar esses acontecimentos. Porém, na eminência dessa culminância elencaram-se os seguintes objetivos:

- Selecionar, mapear e classificar quanto ao nível de suscetibilidade dos atributos de cada elemento condicionante;
- Confeccionar o mapa de suscetibilidade aos deslizamentos na folha Paulista (1:25.000) através da Metodologia AHP, em meio a matrizes de comparação entre os elementos resultando na definição dos pesos para cada elemento envolvido na álgebra;
- Analisar os pontos amostrais distribuídos a partir do mapa de suscetibilidade aos deslizamentos na folha Paulista (1:25.000) para assegurar o mapeamento e identificar os condicionantes geomorfológicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A dinâmica da paisagem inserida no perímetro urbano não mais se condiciona exclusivamente aos elementos puramente físicos, pois a interferência da sociedade em meio ao espaço culmina no rearranjo deste ambiente quanto aos aspectos naturais, promovendo mudanças que podem apresentar respostas distintas das quais seriam oferecidas caso não houvesse tal manipulação desses elementos. E os novos processos oriundos dessa interferência podem causar circunstâncias desfavoráveis para o agente humano, como por exemplo, os movimentos de massa, os alagamentos e outros impactos que estão vulneráveis.

2.1 O AMBIENTE NATURAL E A SOCIEDADE

A população interage com o meio diante da necessidade de sobrevivência desde os primórdios. E esta relação ao passo que se intensifica promove impactos no âmbito natural que podem gerar consequências para os agentes impactantes. Observa-se também que esta interferência é elevada ao passo que se aumenta o quantitativo absoluto dos agentes mediante o adensamento populacional de maneira generalizada ou em âmbito local.

A interferência ou atuação antrópica na construção do espaço geográfico demanda a modificação da paisagem, promovendo um desequilíbrio ambiental devido à alteração desempenhada na dinâmica natural, sendo necessário investigar a escala para compreender melhor a magnitude desse impacto ambiental.

Para o CONAMA, em seu artigo 1º da Resolução de nº 01/08, entende-se que o impacto ambiental é:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986).

Contudo, Christofolletti (1997) sinaliza uma distinção entre *impacto Antrópico* e *impacto ambiental*. O primeiro se caracteriza interferência do homem no meio ambiente físico, enquanto que o segundo surge pela alteração do meio ambiente a partir das condições

que envolvem a vida dos seres humanos afetados pela modificação na dinâmica dos ecossistemas.

Mediante tal conceito é coerente a associação entre a industrialização e a urbanização como fenômenos mais que responsáveis pelo adensamento populacional em determinadas partes do globo terrestre. Isto desencadeando uma série de transformações no espaço natural em virtude da “necessidade” humana de atender seus anseios.

A partir de uma visão holística e integradora, o relevo se apresenta como a superfície sólida da Terra, caracterizada por dinâmicas estruturais e esculturais refletidas em suas formas e processos morfogenéticos e morfodinâmicos onde ocorrem ocupações populacionais e consequentes impactos antrópicos. Sendo um elemento terrestre passível de ação de processos endógenos e exógenos, o relevo apresenta-se em constante interação com as dinâmicas tectônicas, climáticas, pedogenéticas, hídricas e as ações impetradas pela sociedade humana, estas caracterizadas por ação antrópica, reflexos de processos de uso e ocupação da terra.

Variando a partir das influências dos fatores internos e externos presentes na dinâmica geomorfológica, a interação entre a humanidade e o meio físico/natural, nas suas diversas esferas e intensidades, apresenta nas feições geomórficas reflexões distintas desta interação quanto à intensidade e a periodicidade.

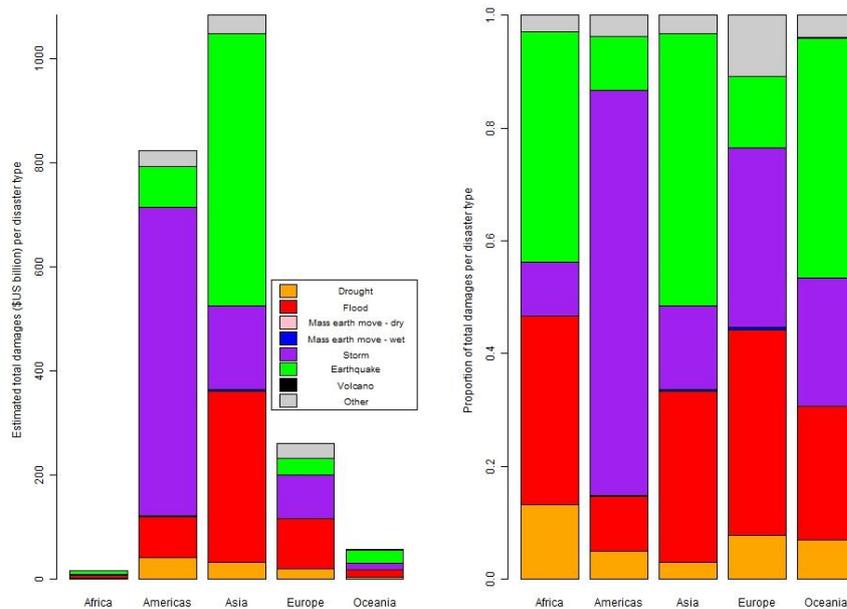
Para Ross (2010) os sistemas ambientais naturais submetidos às ações antrópicas, apresentam maior ou menor fragilidade devido as suas peculiaridades genéticas. Tal fenômeno é percebido paralelamente aos elevados índices de exploração ambiental alicerçados pelo consumismo humano. Corroborando com o pressuposto anterior, Casseti (1991) entende que as modificações antrópicas impostas à natureza, sobretudo na utilização de técnicas do processo produtivo, compreendem a um fenômeno social e são balizadas a partir das relações de produção que se alternam com de acordo com as leis vigentes. Essas mutabilidades determinam o padrão econômico e social, culminando na relação entre a sociedade e a natureza

Desta forma, a expansão e intensificação da ocupação e/ou uso do solo, principalmente em zonas periféricas aos grandes centros urbanos, acarretam, inicialmente, desmatamento e impermeabilização nos interflúvios, e assoreamentos de cursos fluviais (RODRIGUES, 1997). Tais alterações provocadas pela ação antrópica no sistema ambiental físico refletem, por interação, nas condições ambientais físicas que influenciam na vida de uma determinada sociedade (CHRISTOFOLETTI, 1997).

Quando exposto a situações extremas em relação aos seus agentes modeladores, as formas geomorfológicas são submetidas a processos bruscos e intensos, elevando-se a

probabilidade de eventos naturais catastróficos para o meio social, como intensos processos erosivos, movimentos de massa, enchentes e mesmo inundações (BITTAR, 1995). O Banco de Dados Internacional sobre Desastres (The International Disaster Database – EM-DAT) apontam grandes prejuízos para a sociedade mediante os eventos naturais em bilhões de dólares para o período de 1990 - 2012 (Figura 1).

Figura 1: Danos totais (US\$ bilhões) causados por desastres naturais relatados 1990 -2012



Fonte: EM-DAT

Spörl e Ross (2004), buscando uma melhor compreensão dos modelos existentes para a investigação da fragilidade ambiental, propuseram um estudo analítico entre três metodologias sobre o referido tema. A proposta se enquadrava na instigação de áreas ainda não urbanizadas. Porém, deixa claro que a ferramenta poderia ser utilizada para o zoneamento territorial e a gestão do território. Tal preocupação surge como uma proposta significativa na gestão da ocupação de espaços previamente investigados que com um relatório de suas debilidades naturais, culminando em um melhor uso e sem aguçar impactos ambientais mais nocivos.

Com uma proposta mais integradora no âmbito da consequência da relação entre a interferência antrópica e a natureza, Rodrigues (1997) desenvolve uma investigação propondo uma metodologia que reúne, além dos elementos naturais, a dinâmica histórica da ocupação urbana da Grande São Paulo. Os resultados demonstraram a grande relevância dos dados

obtidos a partir, não só dos dados tradicionais de cunho físico, mas também, dos dados cronológicos da ocupação e geoindicadores.

Entretanto, a tal necessidade de se investigar os *inputs* energéticos do sistema natural, culminando em desastres ou mesmo descompassos na dinâmica ambiental em relação à percepção da sociedade, demandou maiores estudos e interpretações quanto à máxima da relação entre a sociedade e a natureza. Fernandes e Sampaio (2008) ressaltam o debate de qual a verdadeira importância da natureza em meio à demanda produtiva exigida pelo mercado consumidor? Os mesmos autores alertam que a real preocupação não se dá perante os condicionantes naturais, mas, sobretudo, no impacto negativo da insuficiência natural de suprir os desejos da sociedade capitalista, que acredita na manutenção cíclica da natureza como algo automático e “impossível” de ser alterado pela sociedade. Estando a sociedade isenta dos impactos efetuados no ambiente.

A sociedade só passa a debater sobre as suas ações sobre o meio em caráter mais efêmero a partir da década de 60 (FERNANDES; SAMPAIO, 2008). Segundo Mendonça (2001) a partir de 1975 eclode o debate quanto à questão ambiental, repercutindo de modo significativo na estrutura do conhecimento geográfico. Porém, o autor revela que houve uma transformação lenta, no decorrer do século XX, acerca do conceito de meio ambiente. Que segundo Bailly e Ferras (1997, p. 115-116 apud MENDONÇA, 2001 - tradutor):

“Em 1997, o meio ambiente, é para uma planta 'o resultante de todos os fatores externos que agem sobre ela'. Em 1944, para um organismo 'a soma total efetiva de fatores aos quais um organismo responde'. Em 1964, Harant e Jarry propõem 'O conjunto de fatores bióticos (vivos) ou abióticos (físico-químico) do hábitat'. Em 1971, segundo Ternisien, 'Conjunto, num momento dado, dos agentes físicos, químicos e biológicos e dos fatores sociais susceptíveis de ter um efeito direto ou indireto, imediato ou a termo, sobre os seres vivos e as atividades humanas'. e aí está a palavra na moda, vítima da inflação jornalística (...)"

Esta crítica concretiza a percepção evolutiva das nomenclaturas a partir de um instante histórico, ao final do século XX, que após a revolução industrial, percebeu a potencialidade das ações antrópicas na conjuntura ambiental local. Promovendo pequenos impactos significativos na sociedade é demandando um rearranjo processo do desenvolvimento econômico em prol da sociedade.

Desse modo, é importante sinalizar que mesmo com todo o desenvolvimento técnico-científico no âmbito industrial, a sociedade percebeu, obviamente, que a vida humana, a sobrevivência, apenas se materializaria na existência concomitante da natureza. Veyret (1999) ao final da década de 90 alertou a sociedade quando, ao descrever o olhar crítico de um

geógrafo, afirmou que para este o meio ambiente não se trata da cobertura da natureza (fauna e flora, apenas), mas a dependência mútua entre a sociedade e os componentes químicos, físicos e biológicos do meio, além dos elementos econômicos, sociais e culturais.

Mendonça (2001) ainda chama a atenção para os conflitos morfológicos e conceituais dos termos *meio ambiente*, *ambiente* ou *meio* que apenas comungam de uma temática no campo da nomenclatura. Contudo não pode se furtar da percepção que se tem esses termos na conjuntura atual, atrelados aos graves problemas perante a interação da sociedade com a natureza.

Mediante essas prerrogativas, surgem como resposta aos processos de impacto social na dinâmica natural os riscos e perigos geomorfológicos ou apenas seguindo uma ordem natural na dinâmica da paisagem, os eventos naturais.

2.2 EVENTO NATURAL, RISCOS E PERIGOS GEOMORFOLÓGICOS

A natureza obedece a um ritmo próprio e cíclico, porém a sociedade, por vezes, sente dificuldade para compreender tal dinâmica. Atualmente algumas das limitações para o entendimento de determinados fenômenos naturais foram sanadas perante a evolução da ciência, o aprimoramento dos equipamentos, além da percepção do homem em relação a tais eventos.

Contudo, ainda que na atualidade a sociedade humana tenha se aproximado do entendimento holístico de tais fenômenos, estes ao impactarem direta ou indiretamente sobre a sociedade, promovem conflitos de ordem conceitual – no campo da nomenclatura utilizada –, psicológica, econômica, política e social. Tais contradições demandam esclarecimentos em prol da redução da lacuna conceitual entre os eventos ocorridos no âmbito natural e a participação e/ou impacto produzido na sociedade.

Para Ogura e Macedo (2002), o evento natural trata-se de uma dinâmica natural intensa que não promove danos à sociedade. Bittar (1995) esclarece que este também pode ser reconhecido como um acontecimento natural, em que não são registradas perdas de cunho sociais e/ou econômicas, ocorrendo em decorrência da dinâmica do sistema físico ao qual ele faz parte. Denunciando assim, se houve um acontecimento (por exemplo, uma enchente) cujas proporções ficaram no âmbito natural, não atingindo a sociedade, tem-se de fato um evento natural.

Contudo, como classificar um evento natural cujas proporções chegam a atingir uma determinada população?

Segundo Burton (*et al*, 1978 apud MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004) os eventos naturais que ocorrem no intermédio da natureza e da sociedade devem ser denominados como *Hazard*. Podendo também ser denominados como *natural hazard*. Entretanto, os próprios autores sinalizam que os danos sofridos pela população não se distanciam da incoerência quanto à ocupação de áreas impróprias. Sejam essas características reveladas ou não. Entretanto, no Brasil o *hazard* é utilizado como o *risk*, nomenclaturas internacionais que ao serem implantadas no país, passaram a ter, genericamente, o mesmo conceito (PFALTZGRAFF, 2007).

Todavia, o *hazard* se associa ao perigo, estando relacionado a um evento natural (fenômeno físico) (CARVALHO, 2011). Enquanto que o *risk* está ligado ao risco, convergindo para os danos causados por um *hazard* a sociedade (VARNES et al, 1984). Com este encaminhamento, um movimento de massa isolado, trata-se de um perigo. Mas, ao promover danos materiais e/ou vitais e/ou psicológicos na sociedade, denomina-se risco.

Contudo, outra temática surge quando se passa a avaliar a possibilidade do *hazard* ocorrer. Para Ayala (2002) e Veyret (2007), a eminência de um evento natural impactar a sociedade (*hazard*), isto é classificado genericamente como risco. Assim, o risco é a probabilidade de ocorrência de um evento natural perigoso (susceptibilidade), mais o grau de prejuízo (vulnerabilidade) que o mesmo pode causar. O conceito de risco inclui a probabilidade de ocorrência de um evento natural ou derivado do homem, e a avaliação por parte do homem quanto aos seus efeitos nocivos/prejuízos. A avaliação qualitativa pode ser feita através da medição quantitativa de perda e probabilidade de ocorrência (CASTRO, 2000).

Quando da possibilidade da ocorrência de um evento natural tido como perigoso e capaz de produzir prejuízos para o espaço físico e social onde eles ocorrem, não só no momento da ocorrência, mas mesmo a longo-prazo, temos o chamado risco natural, sendo a percepção do perigo, resultante da vulnerabilidade natural e humana a eventos geofísicos (AYALA, 2002; BITTAR, 1995, VEYRET, 2007).

A origem de um risco se dá, por vezes, na intervenção dos seres humano em uma área de encosta a qual é fragilizada, potencializando sérios riscos como, por exemplo, os movimentos de massa de várias classes (SELBY, 1990; HAMBLIM; CHRISTIANSEN, 1998), estando ligado à intensidade da chuva que possui um papel importante na deflagração

de um processo de escorregamento, resultante da ruptura das condições de equilíbrio da encosta (ALHEIROS, 1998).

Porém, Giddens (1991) ressalta que o risco não é somente uma ação individualizada. O autor faz menção ao “ambiente de risco” que pode atingir um grande quantitativo de pessoas. Visto que em um hipotético desastre ecológico de grande magnitude o qual tenha a probabilidade de submeter a população a um dano profundo e esta percepção seja veiculada aos que se encontram em uma situação pontencial de serem atingidos. Ao passo que se reduz as possíveis vítimas, reduz diretamente os efetivamente atingidos quando ocorra o evento.

Além dos movimentos de massa é importante ponderar acerca dos processos erosivos, assoreamento, enchentes e alagamentos por serem fenômenos que caracterizam também a dinâmica geomorfológica da área de estudo, demandando um entrelaçamento de ações voltadas para o reconhecimento dos fatores naturais, bem como de sua dinâmica processual. Esta, sendo partícipe dos fenômenos naturais e sociais que interagem na modelagem geomorfológica da área que se busca o entendimento aprofundado quanto aos objetos da pesquisa.

Segundo Tominaga (2009), em teoria, o perigo se enquadra para qualquer pessoa, porém na prática, os mais desfavorecidos economicamente, proporcionalmente, são mais impactados pelos eventos naturais. A autora explica que a população de baixa renda é superior numericamente, reside em condições estruturais, muitas vezes, precária e em adensados demográficos que ampliam a suscetibilidade ao perigo. Kobiyama (*et al* 2006) exemplifica de forma coerente as condições apresentadas por Tominaga (2009), quando sugere que um fenômeno atmosférico extremo como um tornado, que costuma ocorrer em uma determinada região (susceptibilidade) e época conhecida, gera uma situação de perigo. Se este se deslocar na direção de uma determinada área povoada, com uma possibilidade real de prejuízos em um determinado período (vulnerabilidade), ter-se-á uma situação de risco.

Ao associar o fragmento do parágrafo anterior à conjuntura da área investigada na pesquisa, observar-se-á que converge para as mesmas condições. Pois, tem-se população de baixa renda, vivendo, muitas vezes, em residências com estrutura comprometida ou construídas em ambientes de encostas. Alheiros (1998) e Girão (2007a) sinalizavam que a população mais carente da RMR busca áreas de encostas (morros) e os alagadiços, elevando o grau de risco dessas áreas.

E quando se percebe o posicionamento geográfico da área em questão, submetida ao clima tropical úmido e passível de *inputs* energéticos atmosféricos, de ordem pluvial de elevada magnitude, emerge um cenário proeminente para desastres naturais, dentre eles os

deslizamentos. Em se tratando de um fato real, apresenta-se um cenário condicionado ao colapso social, mediante a desestabilização do talude e consequente movimento gravitacional de massa. Desta forma, é de grande relevância entender a relação entre os *inputs* atmosféricos como deflagradores de tais eventos naturais.

2.3 ASPECTOS PLUVIAIS COMO DESENCADEADOR DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Genericamente, é sabido que os estudos voltados para a investigação da dinâmica das encostas no campo do deslocamento do material que a compõe para o seu nível de base, na ocasião entendido como movimentos de massa, evidenciam, dentre outros elementos, a declividade e a geologia, como sendo preponderantes neste processo.

Contudo, sendo a natureza composta por vários aspectos responsáveis por uma dinâmica ambiental harmônica, seria inconsistente elencar um ou dois elementos cruciais na deflagração de determinado evento natural.

Muitos dos trabalhos realizados nessa temática, quando buscam a modelagem, levam em consideração a inclinação, curvatura e orientação da encosta; comprimento do talude, tipo de solo, tipo de sedimento, geologia, uso e ocupação da terra, entre outros possíveis aspectos.

A inserção dos modelos matemáticos nas modelagens utilizadas como ferramentas de pesquisas na identificação de áreas susceptíveis a tais movimentos foram muito bem aproveitadas para a análise. Entretanto, o a dinâmica atmosférica, a intensidade de determinado episódio pluvial, a frequência, a recorrência e o ritmo de tais eventos, por vezes são pouco debatidos.

Parizzi *et al.* (2010) remonta o cenário das pesquisas voltadas ao entendimento quanto à relação entre as chuvas e os movimentos de massa. A autora, no referido trabalho, menciona as pesquisas, no âmbito internacional, tais como a de Boonsinsuk e Yong (1982), Zaruba e Mencl (1982), Anderson e Pope (1984 apud PARIZZI, *et al.* 2010), Canuti (*et al.* 1985 apud PARIZZI, *et al.* 2010), Keefer (*et al.* 1987 apud PARIZZI, *et al.* 2010), Eyles & Howard (1988), Suzuki e Matsuo (1988 apud PARIZZI, *et al.* 2010), Janbu (1992, 1988 apud PARIZZI, *et al.* 2010), Anagnostopoulos e Georgiadis (1997 apud PARIZZI, *et al.* 2010) e Wieczorek (1996 apud PARIZZI, *et al.* 2010).

Enquanto que no cenário nacional, Parizzi (2010) elenca as pesquisas de Guidicini e Iwasa (1976); Wolle e Carvalho (1989) e Wolle e Hachich (1989) para Serra do mar, no sudeste brasileiro; Almeida (*et al*, 1993), em Petrópolis; Elbachá (*et al*, 1992), em Salvador; Anjos (*et al*, 1997), em Maceió; Gusmão Filho (1997), em Olinda; Feijó (*et al*, 2001), no Rio de Janeiro. Além, de mais recentemente, Girão (2007b), em Recife; Santoro (*et al*, 2010), em São Paulo; Parizzi (2010), em Belo Horizonte e Rodrigues (*et al*, 2013), em Maceió.

Porém, os estudos que agregam com significância os aspectos pluviais no desencadeamento dos movimentos de massa, na figura dos escorregamentos, são recentes (COLANGELO, 2005). Em seu trabalho intitulado “Sobre os modelos de magnitude-frequência e de estabilidade de vertentes”, Colangelo (2005) apresenta, antes dos modelos, a necessidade conceitual de se entender os processos. Para o autor:

No mundo físico, os processos (eventos, sucessos, acontecimentos ou fenômenos) são entidades temporal e espacialmente descontínuas, desencadeados a partir da interação de agentes físicos, químicos ou biológicos, e se manifestam nas mais variadas escalas de duração, de modo que se superpõem no tempo e/ou no espaço. Sendo assim, podem ser caracterizados quantitativamente através de quatro variáveis, a saber: (1) magnitude (material, espacial ou temporal), (2) frequência (temporal ou espacial), (3) duração e (4) intensidade (média ou momentânea) (COLANGELO, 2005, p. 11.).

Portanto, a percepção dos *inputs* atmosféricos, principalmente os relacionados com as precipitações pluviais, atuando como elementos condicionantes para a existência de um determinado evento, que potencializará um acontecimento/evento, não só os movimentos de massa, mas também alagamentos, enchentes, entre outros impactos, são de grande importância na investigação dos processos deflagradores da dinâmica gravitacional da encosta. Isso denuncia a necessidade de aprofundamento desse fator condicionador, vislumbrando uma melhor compreensão desses eventos.

Para tal, Calangelo (2005) direciona a sua pesquisa para a relação dos índices pluviométricos no âmbito espaço-temporal. Para o autor, a observação de determinado evento deve-se perceber a duração e a magnitude para obter a intensidade média. Porém, o mesmo autor revela que é possível que dois eventos de mesma magnitude e duração resultem em uma mesma intensidade média, entretanto, essa lógica não se aplicaria a realidade sempre, sendo justificável que algum desses eventos tivesse um dado período de sua atuação que oferecesse uma maior descarga energética desencadeando uma desestabilização no ambiente, considerando, por exemplo, aspectos relativos a sazonalidade. Logo, a intensidade média é apenas mais uma ferramenta na investigação dos *inputs* atmosféricos de caráter pluvial.

Atento as debilidades da intensidade média proposta por Calangelo (2005), Girão (2007a) utiliza-se das análises da climatologia rítmica (ritmo climático). Para Girão (2007a) as análises rítmicas na climatologia estão fundamentadas na análise geográfica pautada na compreensão da dinâmica dos processos atmosféricos, em um período pré-definido, levando em consideração, tanto os dados habituais, bem como os excepcionais. O autor ainda releva que as análises pluviométricas são de extrema importância para as análises de suscetibilidade à erosão e aos movimentos de massa.

Entendendo a relevância do fator água no desencadeamento dos movimentos de massa, especificamente para os escorregamentos, ainda na década de 1980, De Ploey, Cruz e Modenesi (1978 apud COLANGELO, 2005) apresentam um modelo que sugere a eminência de um escorregamento e nele considera, além de outros condicionantes, o peso específico da água e o peso específico do solo úmido. Posteriormente, outros pesquisadores passaram a investigar a participação processual da água nos escorregamentos em escala episódica, como é possível encontrar nos trabalhos de Gusmão Filho (1997), Feijó (*et al*, 2001) e Castro (2006).

Diante das prerrogativas apresentadas no texto acima, fica evidente a imprescindibilidade de se considerar de modo significativo a participação do fator água, no âmbito pluviométrico, como partícipe na deflagração dos movimentos de massa, especialmente nos escorregamentos. Com isso, é inevitável não se perguntar quais seriam os movimentos gravitacionais de massa passíveis de acontecerem e quais os seus processos e conceitos.

Portanto, a seguir abordar-se-ão as tipologias, mecanismos e distinções que permeiam as classificações das dinâmicas acerca dos movimentos de massa e suas variações.

2.4 MOVIMENTOS DE MASSA

A dinâmica gravitacional do relevo, ora chamada de movimento de massa, demanda preocupação das autoridades e da sociedade em geral por deflagrar uma inquietação diante das consequências negativas de tais eventos. Diante desse pressuposto, surge a necessidade de se investigar os condicionantes dessa dinâmica em prol de avaliar a probabilidade de ocorrência ou mesmo antever o acontecimento objetivando ações de mitigação.

Vários autores buscam uma definição sintética e modular quanto ao movimento de massa. Para Hart (1986) a dinâmica se dá perante a força de cisalhamento na encosta,

resultante da gravidade, peso do material e a água no solo, conseguindo superar a resistência dos materiais envolvidos, determinadas pela coesão dos solos nas encostas.

Já Cruden (1991) afirma que o movimento de massa se faz no deslocamento de rochas, detritos ou terra tendo como base a vertente, sob influência condicional da gravidade. Traduzindo-se vertente genericamente como qualquer superfície inclinada, não horizontal (CHRISTOFOLETTI, 1980). Haja vista que na horizontalidade o material não haveria de se locomover preponderantemente por causa da inércia, em se tratando da gravidade como o elemento dinâmico principal.

Corroborando para esta prerrogativa, Christofolletti (1980) define que todos os movimentos gravitacionais, denominados movimentos de regolito¹, os quais efetuam a movimentação de partículas ou porções do regolito pela encosta abaixo, tem na gravidade a força preponderante para esta dinâmica.

Contudo, a dinâmica em questão ocorre na vertente, sendo necessário um aprofundamento dessa feição geomorfológica. Dylík (1968, apud CHRISTOFOLETTI, 1980), a partir da definição tridimensional da vertente, sinaliza quais critérios morfológicos respondem pela edificação de tal feição:

- a) limite inferior – possui apenas um valor de orientação, não podendo o leito do rio defini-lo, exceto em casos especiais. Sendo os fatores morfogenéticos responsáveis por determinar a natureza da vertente. E esta termina onde os processos que são próprios se encerram em substituição a outros. Como também os limites naturais – terraços, pedimentos, falésias e outros – são responsáveis por indicar o limite inferior da vertente.
- b) limite superior – compreende a extensão mais distante e mais elevada da superfície de onde se origina o material sólido transportado até a base da vertente (limite inferior).
- c) limite interno – trata-se do substrato rochoso ou superfície de intemperismo.
- d) tempo-espacial – o testemunho dos depósitos correlativos a partir dos processos morfogenéticos que modelaram à vertente.

Selby (1993 apud JORGE; GUERRA, 2013) utiliza-se do termo encosta para tratar da superfície por onde se deslocam solos ou rochas por força da gravidade. Tal mecanismo

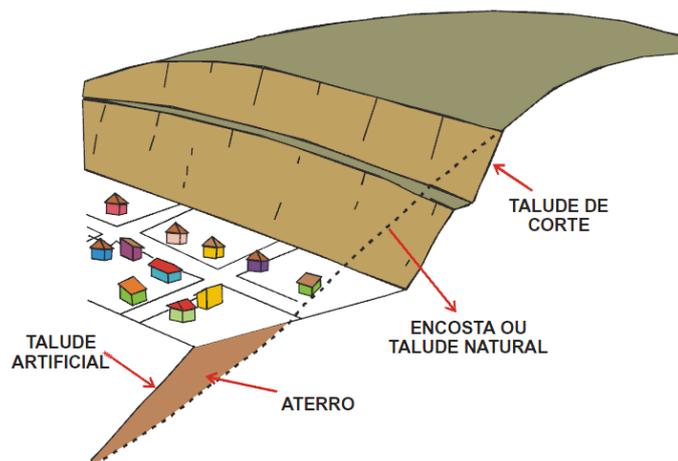
¹ Segundo Guerra e Guerra (2009), corresponde ao material intemperizado, não-edafoizado, sobre a rocha e que ainda não sofreu transporte.

denominado de movimento de massa, pelo autor é chamado de *masswastingofsoils* (desgaste do solo).

Entendendo que a encosta possui subdivisões dinâmicas, Wolle (1980) sugere que o talude compõe a encosta, sendo uma de suas partes, podendo ser observado a partir de um corte retilíneo desta. Enquanto que para Stochalak (1974 apud LIMA, 2002), a encosta se define por toda superfície inclinada que une duas porções distintas quanto à energia potencial gravitacional. Logo, a encosta e a vertente aproximam-se no conceito, sendo passíveis de uma definição unitária, visto à similaridade quanto à compreensão.

Ressalte-se que o talude pode ser dividido de três maneiras (Figura 2), e que sua inviolabilidade dependerá a partir da ação antrópica; desta forma, pode se encontrar o talude de corte; encosta, também chamado de talude natural e talude artificial.

Figura 2: Diferença entre encosta, talude natural, de corte e artificial



Fonte: Lima (2002)

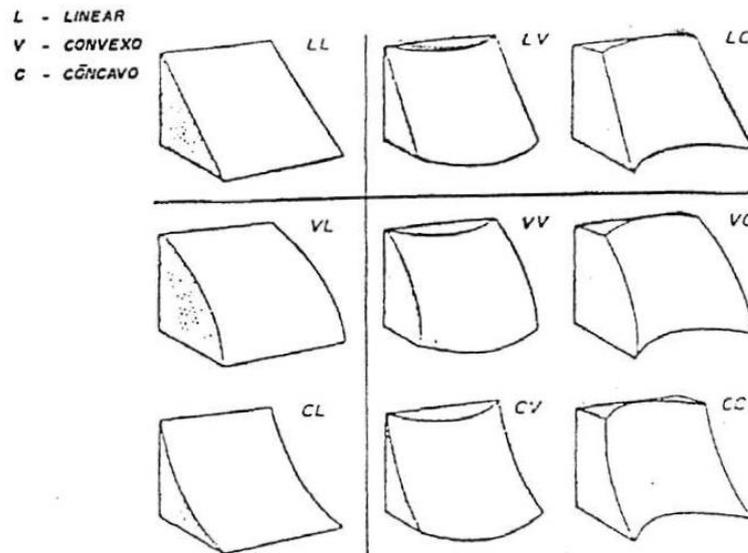
Diante do esquema proposto por Lima (2002), culmina-se que vertente, encosta e talude natural podem ser classificados como a mesma feição geomorfológica. Não havendo distinção conceitual mediante a terminologia neste trabalho. Não obstante da validação da subclassificação dos taludes (de corte, natural e artificial). Estando o termo talude vinculado estritamente à encosta ou vertente.

O talude, por sua vez, pode admitir formas variadas (CHORLEY *et al*, 1984) (Figura 3), as quais poderão acentuar ou minimizar sua estabilidade, favorecendo sobremaneira a suscetibilidade ao movimento de massa e, conseqüentemente, a evidência de um risco.

Dikau (1990) oferece uma esquematização para os planos de curvatura de forma mais didática em relação ao modelo de Chorley (*et al*, 1984). Pois, Dikau (1990) redireciona as categorias, elencando subníveis que auxiliam na compreensão (Figura 4). Para o referido

autor, as formas verticais e horizontais planas distribuem o fluxo hídrico pela encosta reduzindo os processos de erosão e movimentos de massa. Enquanto que ao se aproximar da condição geométrica inversa, tais fenômenos se agravam. Todavia, as formas côncavas são mais agressivas em meio os processos morfodinâmicos quando comparadas às convexas.

Figura 3: Tipos e formas geométricas de taludes naturais



Fonte: Chorley (et al, 1984)

Figura 4: Perfil vertical x horizontal da encosta

		profile curvature		
		convex	profile-straight	concave
		radius of curvature		
plan curvature	convex	X/X	SF/X	V/X
	plan-straight	X/SL	SF/SL	V/SL
	concave	X/V	SF/V	V/V

Fonte: Dikau (1990)

Já Scholz (*apud* FIDEM, 2003) fornece uma classificação de taludes (Quadro 1) a qual contempla, sinteticamente, de maneira direta e objetiva, a relação entre o grau de inclinação do talude com classe enquadrada, dividindo-se em cinco etapas, variando de plano até vertical. Dessa forma, é possível caracterizar e, reunindo outros fenômenos e aspectos, mensurar o risco de um evento natural, havendo nesse episódio uma convergência para o movimento de massa.

Quadro 1: Classificação de talude

Grau (°)	Classe
0 – 2	Plano
2 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Fortemente inclinado
15 – 25	Íngreme
25 – 35	Muito íngreme
35 – 55	Precipício
> 55	Vertical

Fonte: Scholz (1972 *apud* FIDEM, 2003)

Entretanto, o mecanismo de conversão de declividade mais utilizado apresenta, além do grau da declividade, a porcentagem e a proporção referente (Quadro 2). Pontuando a declividade máxima admitida ao talude de corte é de 1:1,5, ou seja, 67% ou 34° (FIDEM, 2003).

Outras classificações também buscam emoldurar a declividade (ROSS, 1994; RAMALHO-FILHO & BEEK, 1995; CPRM, 2003) resultando em uma ampla gama de subclassificações. Porém, a EMBRAPA (2006) apresentou um proposta que assegura uma conformidade metodológica da declividade, em porcentagem, com seis categorias mediante as fases do relevo que mais se adequam ao cenário brasileiro (Quadro 3).

É notório o debate acerca dos condicionantes responsáveis pelos movimentos gravitacionais de massa. Entretanto, Fernandes (*et al*, 2001) já sinalizava a relevância, quase que inexorável, da declividade como elementos principais.

Quadro 2: Mecanismo de conversão em porcentagem, grau e proporção

Porcentagem	Grau	Proporção
1%	00° 34'	1: 100
6%	03° 26'	1: 16,7
15%	08° 35'	1: 6,7
30%	16° 41'	1: 3,3
50%	26° 34'	1: 2,0
58%	30° 00'	1: 1,7
67%	34° 00'	1: 1,5
75%	36° 52'	1: 1,3
100%	45° 00'	1: 1,0
200%	63° 27'	1: 0,5
500%	78° 42'	1: 0,2
1000%	84° 18'	1: 0,1

Fonte: FIDEM (2003)

Quadro 3: Classificação da declividade em porcentagem

Classificação	Declividade (%)	Definição
Plano	0 - 3	superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos
Suave ondulado	3 - 8	superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves
Ondulado	8 - 20	superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados
Forte ondulado	20 - 45	superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes
Montanhoso	45 - 75	superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes
Escarpado	> 75	áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de <i>cuestas</i> , falésias, vertentes de declives muito fortes

Fonte: EMBRAPA (2006)

Diante das prerrogativas apresentadas em relação à declividade do terreno é possível demonstrar os tipos de movimentos genéricos que podem ser encontrados na natureza. Sharpe (1938) foi um dos primeiros a propor uma classificação, sendo este seguido por Varnes (1958 e 1978) Hutchinson (1988) e Sassa (1989) que apresentam as classificações mais atualizadas (FERNANDES E AMARAL, 2009). Porém, a classificação proposta por Varnes (1978), embasada nos tipos de movimentos e de material, passou a ser mais utilizada, pois reuniu de modo simplificado as categorias de movimento de massa: queda (*fall*); tombamento (*topple*); escorregamento (*slide*); espalhamento (*spread*); corrida/escoamento (*flow*).

A título de uniformização da classificação dos movimentos, o Grupo Internacional do Inventário Mundial de Deslizamentos propôs um glossário multilíngue (inglês e francês) estabelecendo os movimentos selecionados (WP/WLI, 1994): *fall/éboulement* (quedas); *topple/basculement* (tombamento), *slide/glisserment* (escorregamento); *spread/étalement* (espraiamento) e *flow/écoulement* (corridas).

Entretanto, em nível de trabalhos brasileiros, Fernandes e Amaral (2009) ressalta que os trabalhos de Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991) são singulares. Neste direcionamento, compilaram-se as propostas abordadas neste parágrafo, bem como as classificações de Varnes (1978) e do WP/WLI (1994) buscando sintetizá-las e elucidar suas discordâncias e proximidades (Quadro 4).

Após uma breve realocação dos dados classificatórios de todos os autores em evidência, em prol da facilidade perante a comparação visual, obtêm-se a anuência dos autores quanto aos Escorregamentos. Apenas, em detalhe, com a subclassificação de Freire (1965) e Guidicini e Nieble (1984) apresentando semelhantemente os Rotacionais e Translacionais. Como também, a relevante semelhança, dentre a maioria, na classificação Quedas/Desabamentos/Tombamentos. Conquanto, não se pode afirmar a proximidade em relação ao Espalhamentos/Espraiamentos. Além da unicidade classificatória de Guidicini e Nieble (1984) no entendimento sobre Formas de transição e Movimentos Complexos

Para qualquer que seja o deslocamento executado por maciços rochosos, terrosos ou mistos, ele está relacionado diretamente ao movimento de massa. Contudo, existem várias denominações, definições, critérios e classificações para identificar qual o tipo desse movimento, sendo os fatores geológicos e geomorfológicos condicionantes para a sua deflagração (FERNANDES; AMARAL, 2009).

Quadro 4: Comparação dos tipos de classificações sobre os movimentos de massa

Freire (1965)	Varnes (1978)	Guidicini e Nieble (1984)	IPT (1991)	WP/WLI (1994)
Desabamentos	Quedas	Subsidências: Subsidências, recalques e desabamentos	Quedas / tombamentos	Quedas
Subsidências	Tombamentos			Tombamentos
Escoamentos: Rastejo e corridas	Corrida e escoamento	Escoamentos: Rastejo e corridas	Corridas de massa	Corridas
			Rastejo	
Escorregamentos: Rotacionais e translacionais	Escorregament os	Escorregamentos: Rotacionais, translacionais, Quedas de blocos e queda de detritos	Escorregamentos	Escorregamentos
	Espalhamentos	Formas de transição		Espraiamentos
		Movimentos Complexos		

Fonte: Adaptado de Fernandes e Amaral (2009) e Varnes (1978)

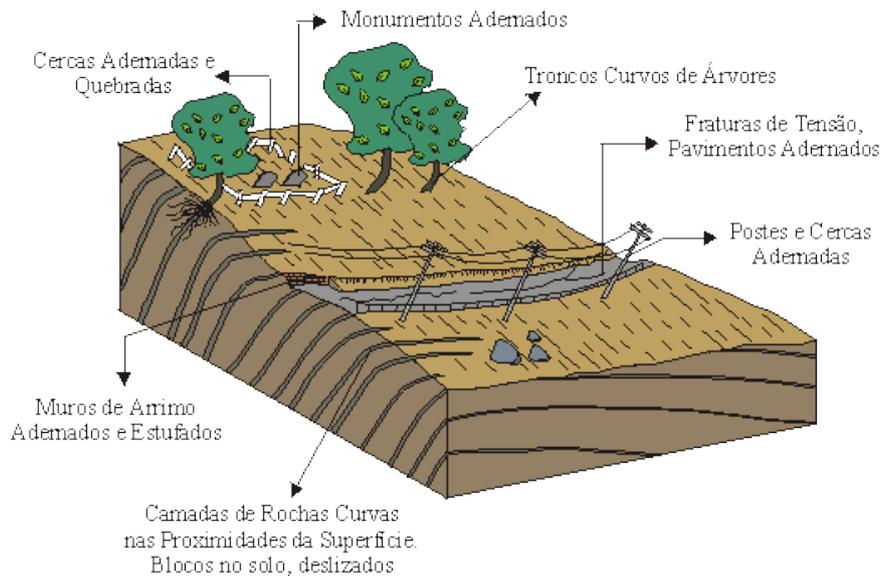
Logo, tem-se a necessidade de se apresentar, com maior riqueza de detalhes, os tipos de movimentos de massa considerados pelo trabalho e como deverão ser compreendidos. Pois, devido às contradições, complementos e semelhanças, não se pode furtar-se de esclarecer tal demanda. Perante tal prerrogativa, segue a classificação individual:

- Rastejo

Modalidade presente na classificação de Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991), compreende ao movimento lento e constante do solo da encosta, apresentando deformações de característica relacionada à plasticidade, não possível inferir sobre o plano de ruptura (Figura 5). São comuns em horizontes superficiais do solo, assim como na zona de transição solo-rocha.

Hansen (1984 apud JORGE; GUERRA, 2013) sinaliza que tal movimento, também denominado de rastejamento (*creep*) se diferencia dos demais por causa da velocidade peculiar do movimento – lento. Porém, não menos danoso, visto que em ambientes urbanizados, linhas de energia, estradas e outras estruturas podem se comprometer debilitando a qualidade e a quantidade do fornecimento do serviço ou afins.

Figura 5: Movimento de massa caracterizado como Rastejo



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html> (acesso em 15 mar. 2014)

Corroborando para esta temática, estudos de Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998) conseguiram detectar rastejamentos em árvores curvadas em áreas declivosas, postes e cercas, como mostra na figura anterior, superfície do solo fraturada, como o “embarrigamento” de muros de arrimo. Os mesmos autores ainda revelam que o *creep* é um indicador relevante para eminência de escorregamentos.

- Corridas

Encontrado na proposta de Varnes (1978), IPT (1991) e WP/WLI (1994), e definido como movimento rápido do material de massa relativamente líquida, o qual apresenta característica viscosa, que perde a aderência à superfície, anteriormente estabilizada que, segundo Lima:

são formas rápidas de escoamento de caráter essencialmente hidrodinâmico, provocado pela perda de atrito em virtude da destruição da estrutura do solo em presença do excesso de água. Caracterizam-se por: superfície de ruptura indefinida; ocorrem em taludes com inclinação variável; movimento semelhante ao de um fluido viscoso; curta duração e alta velocidade de deformação (LIMA, 2002, p.16) (Figura 6).

Figura 6: Movimento de massa caracterizado como Corrida



Fonte: Lima (2002)

Desta forma, se observa a responsabilidade efetiva do fator hidrológico para a ocorrência do movimento de massa; nesse caso, encontra-se geralmente associada à concentração excessiva dos fluxos de água superficiais na encosta (FERNANDES; AMARAL, 2009), o que vem deflagrar um processo de erodibilidade e erosividade, o qual é anunciado, possivelmente, pelo colúvio existente.

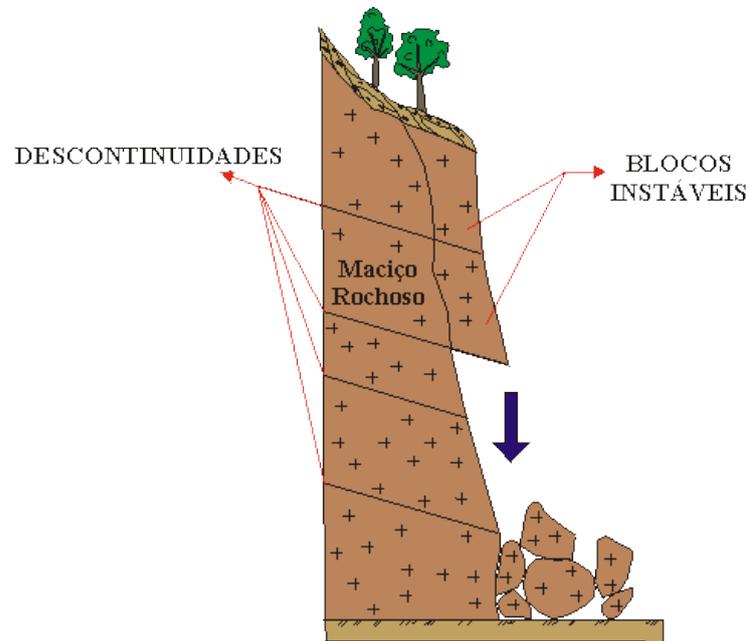
Entretanto, Guerra e Guerra (2009) acrescentam que o movimento de corrida, tendo a presença da água como um fator preponderante agrega-se ao efeito da gravidade. Onde a água funciona como um catalisador do movimento, ao passo que condiciona e acelera o deslocamento do material, o que vem a ser denominado um agente lubrificante.

- Queda de blocos

São evidenciados pela rapidez da movimentação do bloco que realiza uma trajetória descendente, propiciada pela atuação da força de gravidade, além da ausência da superfície de contato do deslizamento, caracterizando um movimento de queda livre (Figura 7).

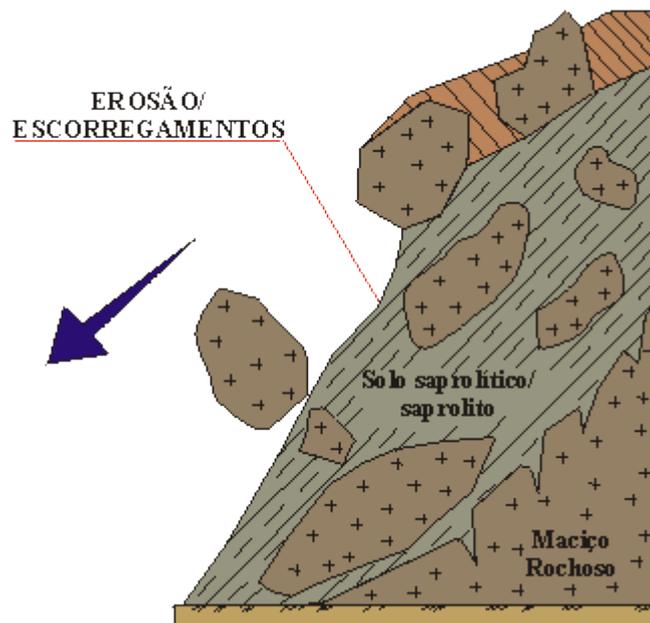
Vale ressaltar que tal movimento, acrescido também das suas ramificações como rolamentos (Figura 8) e tombamentos (Figura 9), não são característicos das áreas de risco da Região Metropolitana do Recife (FIDEM, 2003).

Figura 7: Representação generalizada da queda de blocos



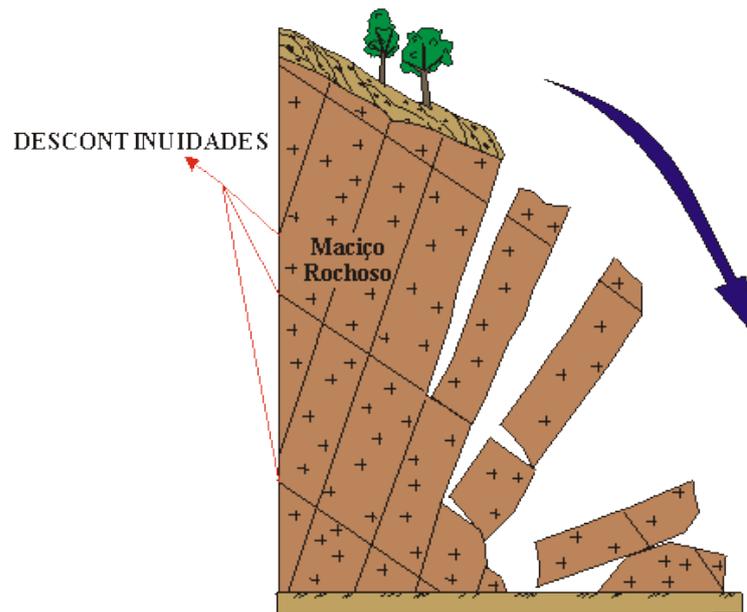
Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html> (acesso em 15/03/14).

Figura 8: Queda de bloco na categoria de Rolamento



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html> (acesso em 15/03/14).

Figura 9: Queda de bloco na categoria de Tombamento



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html> (acesso em 15/03/14).

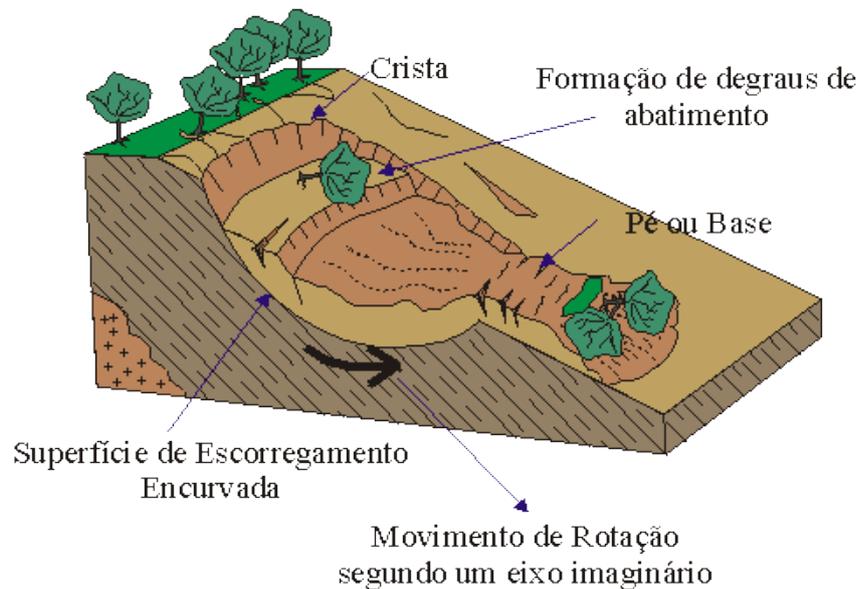
- Escorregamentos

Trata-se do deslizamento da massa sólida, relativamente acelerado, de curta duração e ocorre em contato com a superfície, por influência gravitacional que desloca a massa para baixo, de modo a se distanciar do talude e tendo o plano de ruptura bem definido (GUERRA; CUNHA, 2009). Também chamado de *slide* internacionalmente, o escorregamento, que aqui poderemos chamá-lo também de deslizamento, executa a partir do desprendimento do talude – zona de cisalhamento. Tal movimento pode ser de solo ou das massas de rochas desintegradas, em estruturas inclinadas. Como já comentado anteriormente, este movimento é aceito e apresentado por todos os autores citados. Entretanto, apenas Freire (1965) e Guidicini e Nieble (1984) sugerem a subclassificação deste episódio. Pois, para eles ocorre uma divergência conjuntural quanto ao plano de ruptura, podendo resultar em:

- Escorregamentos Rotacionais (Slumps)

Quando se encontra em solos parcialmente homogêneos, a superfície do deslocamento tende a apresentar uma feição circular. Se porventura existirem materiais ou descontinuidades que representem com resistências mais baixas, a superfície passa a ser mais complexa (Figura 10), podendo incluir trechos lineares (GERSCOVICH, 2012).

Figura 10: Escorregamentos circulares rotacionais



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html> (acesso em 15/03/14).

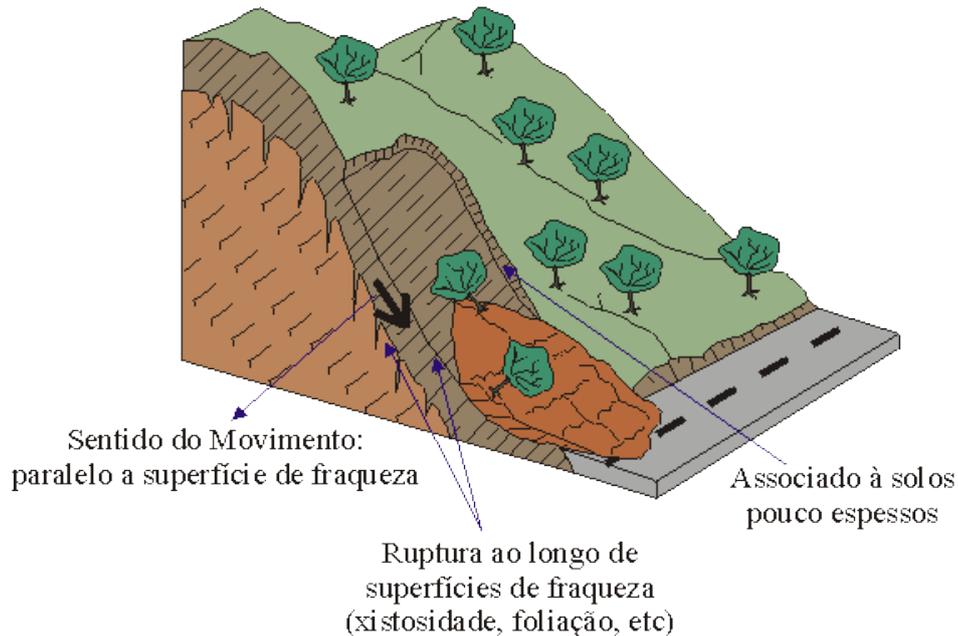
De modo geral, esse tipo de movimento de massa é caracterizado por superfície de ruptura curva (côncava para cima) ao longo da qual se dá um movimento rotacional da massa do solo deslocado, o qual tem por característica ser espesso e homogêneo, evidenciando-se em encostas formadas por material oriundo de rochas argilosas – argilitos e folhelhos - (FERNANDES; AMARAL, 2009).

Esse tipo de deslizamento é caracterizado de desastroso pela velocidade e intensidade do próprio evento, o qual detém, dependendo da quantidade de material deslocado, uma energia bastante elevada capaz de produzir uma destruição considerável, em se tratando de uma ocorrência em regiões habitadas.

➤ Escorregamentos Translacionais

Também denominado como escorregamento planar de solo, esse episódio consiste no deslocamento de massa que se caracteriza por possuir uma superfície de ruptura plana (Figura 11). Segundo Girão (2007a), os fenômenos de escorregamentos translacionais estão, na maior parte das ocorrências, ligados a períodos de intensa e/ou duradoura precipitação pluviométrica, podendo ocorrer à saturação hídrica do solo, propiciando a elevação da suscetibilidade ao escorregamento.

Figura 11: Escorregamento planar (Translacional)



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html> (acesso em 15/03/14).

Tais escorregamentos podem ser classificados como compridos e rasos, nos quais o plano de ruptura tem uma profundidade que varia entre 0,5 e 5,0 metros (GUERRA; CUNHA, 2009) e onde a zona de instabilidade é oriunda de processos geológicos, como acamamentos, fraturas; geomorfológicos, como depósitos de encostas ou pedológicos, como o contato entre os horizontes.

Entretanto, sendo o local submetido a uma carga elevada, da precipitação pluviométrica, em curto período de tempo se estabelece a situação de um poro pressão positivo, contribuindo para a instabilidade do solo, provocando a ruptura do equilíbrio no solo e, conseqüentemente, o deslizamento.

Este é um dos indícios que não é suficiente estabelecer critérios apenas para os tipos de movimentos de massa presentes na natureza. Faz-se necessária a compreensão aprofundada dos agentes deflagradores dos distintos tipos dessa dinâmica gravitacional.

Varnes (1978) compila a responsabilidade pela instabilidade do talude (Quadro 5) em duas ações principais: *a.* aumento da sollicitação que possui como fatores a remoção de massa, lateral ou da base e que culmina em um escorregamento, erosão, corte, etc.; sobrecarga (peso da vegetação, aterro, construções); sollicitações dinâmicas (terremotos, tráfego) e pressões laterais (água em trinca, congelamento). Aqui, a redução da resistência que é composta pela característica do material (geomecânica, tensões) e fatores variáveis (intempéries, ângulo de atrito, poropressão, positivo ou negativo).

Quadro 5: Condicionantes na instabilidade do talude

Ação	Fatores	Fenômenos naturais/antrópicos
Aumento da solicitação	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão, escorregamentos, cortes
	Sobrecarga	Peso da água da chuva, neve, granizo, etc. Acúmulo natural de material (depósito) Peso da vegetação Construção de estruturas, aterros, etc.
	Solicitações dinâmicas	Terremotos, ondas, vulcões, etc. Explosões, tráfegos, sismos induzidos
	Pressões laterais	Água em trincas Congelamento Material expansivo
Redução da resistência	Características inerentes ao material (geometria, estrutura, etc.)	Características geomecânicas do material, estado de tensões iniciais
	Mudanças ou fatores variáveis	Intemperismo: redução na coesão, ângulo de atrito; Variação das poropressões

Fonte: Adaptado de Varnes (1978)

Já Selby (1993) classifica as condições para o movimento a partir dos aspectos controladores da força de cisalhamento, promovendo, de maneira didática, uma melhor compreensão da dinâmica da encosta e como proceder para identificar regiões mais propícias aos movimentos apresentando elementos distintos quanto às forças (Quadro 6 e 7).

Quadro 6: Fatores contribuintes para maior força ao cisalhamento

(Continua)

Tipos	Principais Mecanismos
Remoção do Suporte Lateral	1. Torrente, água, ou erosão glacial; 2. Intemperismo subaéreo, muito úmido, muito seco e ação geadas; 3. Aumento da declividade da encosta por movimento de massa; 4. Pedreiras e buracos, ou remoção do sopé da encosta pela atividade humana.
Sobrecarga por	1. Peso de água da chuva, neve ou talus; 2. Preenchimento, pilhas de lixo, estruturas.
Estresse transitório	1. Terremotos – Grandes movimentos e inclinação; 2. Vibrações de atividade humana – detonação, tráfego, máquinas.
Remoção de Suporte Subjacente	1. Escavação do revelo por água corrente; 2. Intemperismo subaéreo, muito úmido, muito seco e ação do gelo; 3. Erosão subterrânea (eluviação de areias finas ou solução); 3. Atividades de mineração, a criação de lagos, reservatórios.
Pressão Lateral	1. Água em interstícios; 2. Congelamento da água; 3. Expansão por hidratação de argila 4. mobilização de tensão residual

...

Quadro 6: Fatores contribuintes para maior força ao cisalhamento

(conclusão)

Tipos	Principais Mecanismos
Aumento do ângulo de inclinação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basculamento tectônico regional 2. Processos vulcânicos

Fonte: Adaptado de Selby (1993, p. 276)

Quadro 7: Fatores contribuintes para menor força ao cisalhamento

Tipos	Principais mecanismos
Composição e Textura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiais frágeis como tufo vulcânico e sedimentos argilosos; 2. Aliviamento de materiais “empacotados”; 3. Polimento de formas em grãos; 4. Tamanhos de grãos uniformes.
Reações Físico-químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Troca de Cátions (base); 2. Hidratação de argila; 3. Ressecamento de argila; 4. Solução de cimento.
Efeitos da Água nos Poros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efeitos flutuantes; 2. Redução da tensão da capilaridade; 3. Reter a viscosidade do movimento da água nos grãos do solo; <i>piping</i>.
Mudanças na Estrutura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Liquefação espontânea; 2. Rastejamento progressivo com reorientação de argilas; 3. Reativação de planos de cisalhamento anteriores.
Vegetação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoção de árvores; <ul style="list-style-type: none"> • Redução das cargas normais; • Remoção do aparato de coesão das raízes das árvores; • Elevação dos lençóis freáticos; • Aumento fracionamento do solo.
Estruturas de alívio	<ol style="list-style-type: none"> 2. Juntas e outros planos de fraqueza; 3. Camadas de material plástico e solos impermeáveis.

Fonte: Adaptado de Selby (1993, p. 276)

Utilizando-se de um desmembramento dos fatores relacionados acima, para promover uma melhor visualização do impacto promovido por alguns fatores, observa-se que o Brasil possui uma carga pluviométrica considerável, partindo do clima equatorial, ao norte do país, até o subtropical, ao sul. Sem dúvida, toda essa proporcionalidade não se porta a todo o território nacional, mas é inegável a sua competência pluviométrica.

Contudo, esse elevado potencial se torna ameaçador em relação à estabilidade de uma encosta, a qual se porta, por vezes indefesa, em relação à carga hídrica evidenciada. Não

conseguindo manter-se estruturada devido ao encharcamento (saturação do solo pela água) nos períodos chuvosos. Com isso, diminui a resistência dos solos pela perda da coesão (SELBY, 1993).

Outro fator importante mensurado no quadro anterior é a vegetação, que foi tratada como um aspecto negativo, ao ser classificada como uma sobrecarga; que, por sua vez, não se afasta da realidade totalmente. Destacamos que as raízes da vegetação atuam como um canalizador direto para a infiltração, como o caule das árvores que atuam na centralização do escoamento pluviométrico; como também aumentando o peso sobre o talude.

Porém, algumas consequências, advindas da presença da cobertura vegetal, devem ser cuidadosamente analisadas. Porque as copas das árvores atuam bloqueando parcialmente a velocidade e o volume pluviométrico na superfície. Além de dificultar o fator erosivo o qual culminaria em sulcos, voçorocas etc. Reduzindo a probabilidade de um evento natural.

Como também a ação antrópica, que age modificando a estrutura natural em prol das suas necessidades e conveniências. Retirando a cobertura vegetal, desprezando lixos nas encostas e atuando como retentor de água.

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Os preceitos locacionais da área investigada, bem como os aspectos sociais e fisiográficos da paisagem os quais fornecem uma característica peculiar no ambiente estudado, serão os norteadores deste próximo capítulo.

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

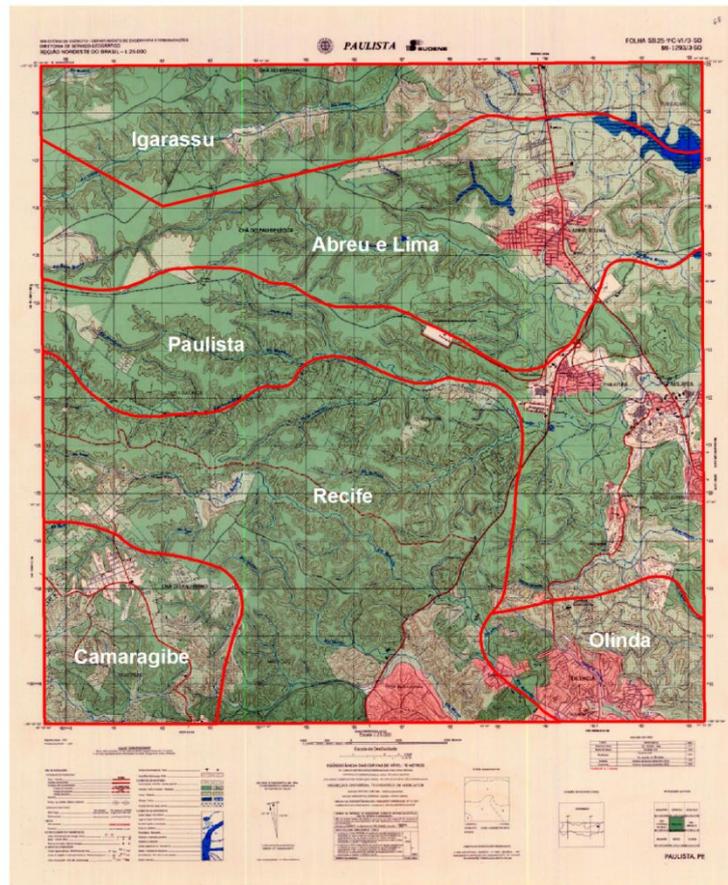
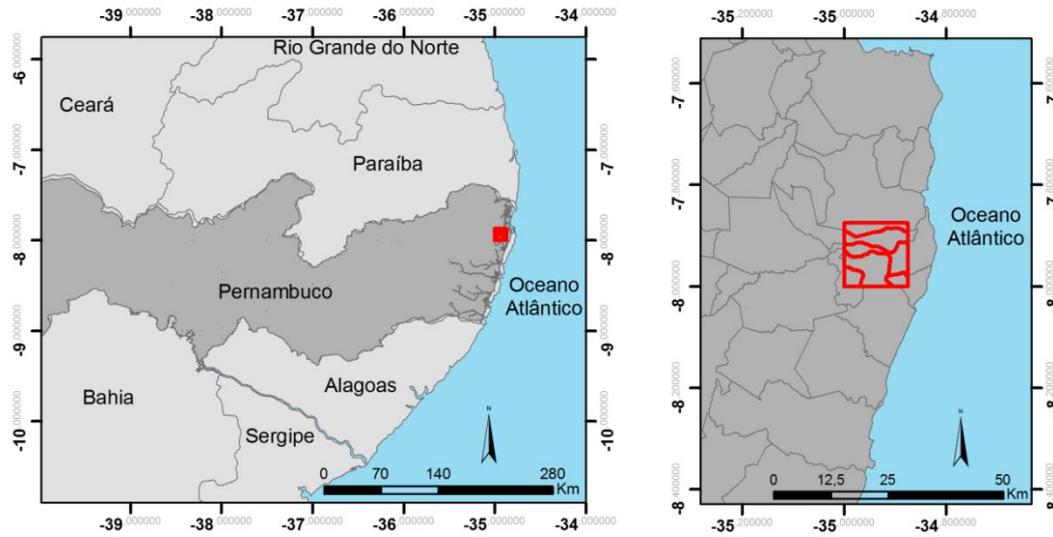
O espaço de trabalho selecionado para a investigação está inserido na Região Metropolitana do Recife (RMR), abarcando territórios dos municípios de Igarassu, Abreu e Lima, Paulista, Recife, Olinda e Camaragibe (Figura 12).

A demarcação da área de estudo compreende as delimitações da Folha Paulista SB.25-YC-VI, em escala de 1:25.000, que se encontra nas coordenadas 07°52'30'' S; 08°00'00'' S; 35°00'00'' W e 34°52'30'' W. Os municípios encontrados na quadrícula se dispõem da seguinte maneira: ao extremo norte, Igarassu; na porção centro-norte, Abreu e Lima; na porção central da folha e se propagando para leste, Paulista; ao centro-sudoeste, Recife; a sudeste, Olinda e ao extremo sudoeste, Camaragibe.

A área, com aproximadamente 190,6 km², agrega porções distintas dos municípios envolvidos (Tabela 1), obtendo Recife (28,4%), Paulista (22,3%) e Abreu e Lima (22%) os maiores recortes espaciais, somando 72,7% da área. Igarassu (13,8%), Camaragibe (7,7%) e Olinda (5,8) totalizam a área de interessa da pesquisa.

Doravante, serão apresentados os elementos responsáveis pela paisagem e a sua dinâmica, subsidiando o tema de interesse em prol da compreensão dos possíveis condicionantes relacionados aos deslizamentos.

Figura 12: Localização da área de estudo



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
 Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
 Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Adaptado da SUDENE (1985) e ZAPE (SILVA et al, 2001)

Tabela 1: Divisão proporcional dos municípios na área de estudo

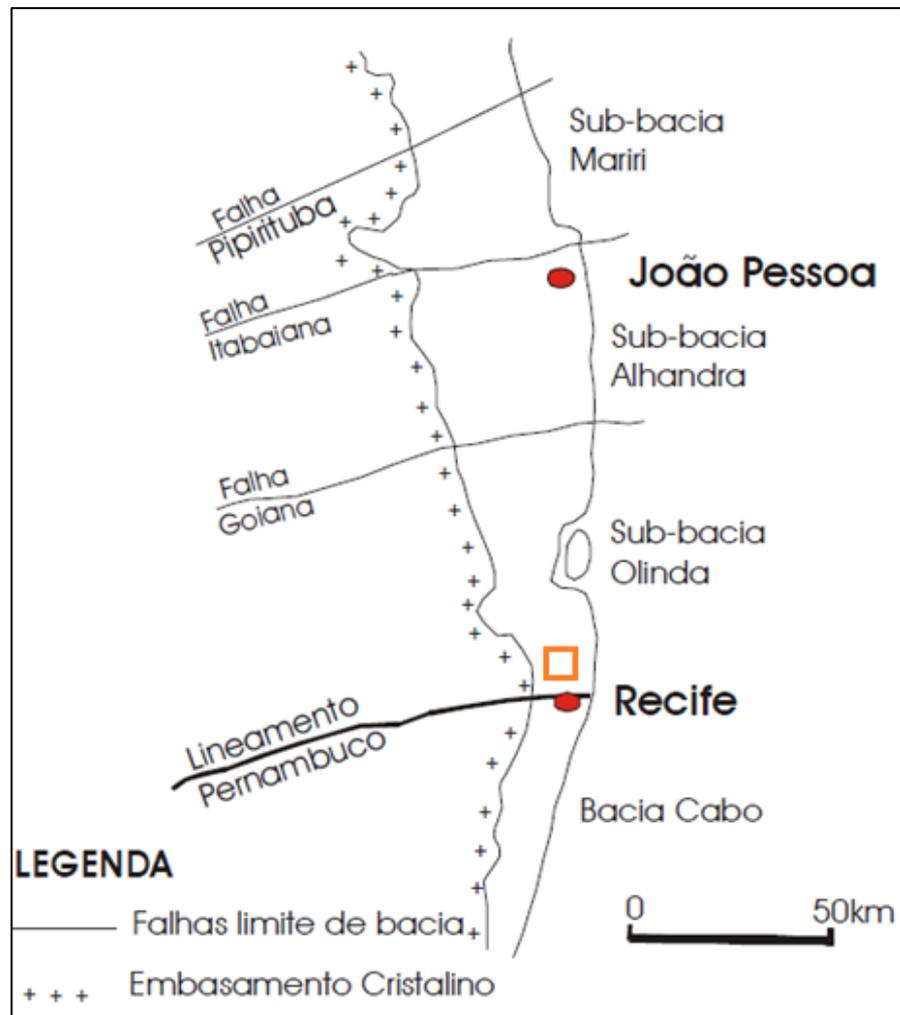
Município	Área municipal na quadrícula (km²)	Porcentagem da área municipal na quadrícula
Recife	54,12400	28,40%
Paulista	42,54900	22,30%
Abreu e lima	42,00000	22%
Igarassu	26,21600	13,80%
Camaraçibe	14,61000	7,70%
Olinda	11,09000	5,80%
Total	190,58900	100,00%

Fonte: Adaptado do ZAPE (SILVA et al, 2001)

3.2 GEOLOGIA

A Sub-bacia Olinda, pertencente à Bacia Sedimentar Costeiras da Paraíba e de Pernambuco (MABESOONE; ALHEIROS, 1991), é o arcabouço geológico em que repousa a área da pesquisa. Tal delimitação ocorre a partir da porção norte do Lineamento Pernambuco até a porção sul da Falha Goiana (Figura 13). Os sedimentos da área alocada descansam sobre o embasamento cristalino, apresentando gênese continental e marinha. Segundo Manso (1992) as Formações que integram esta bacia são: Beberibe, Gramame, Barreiras, Maria Farinha, além dos Sedimentos recentes.

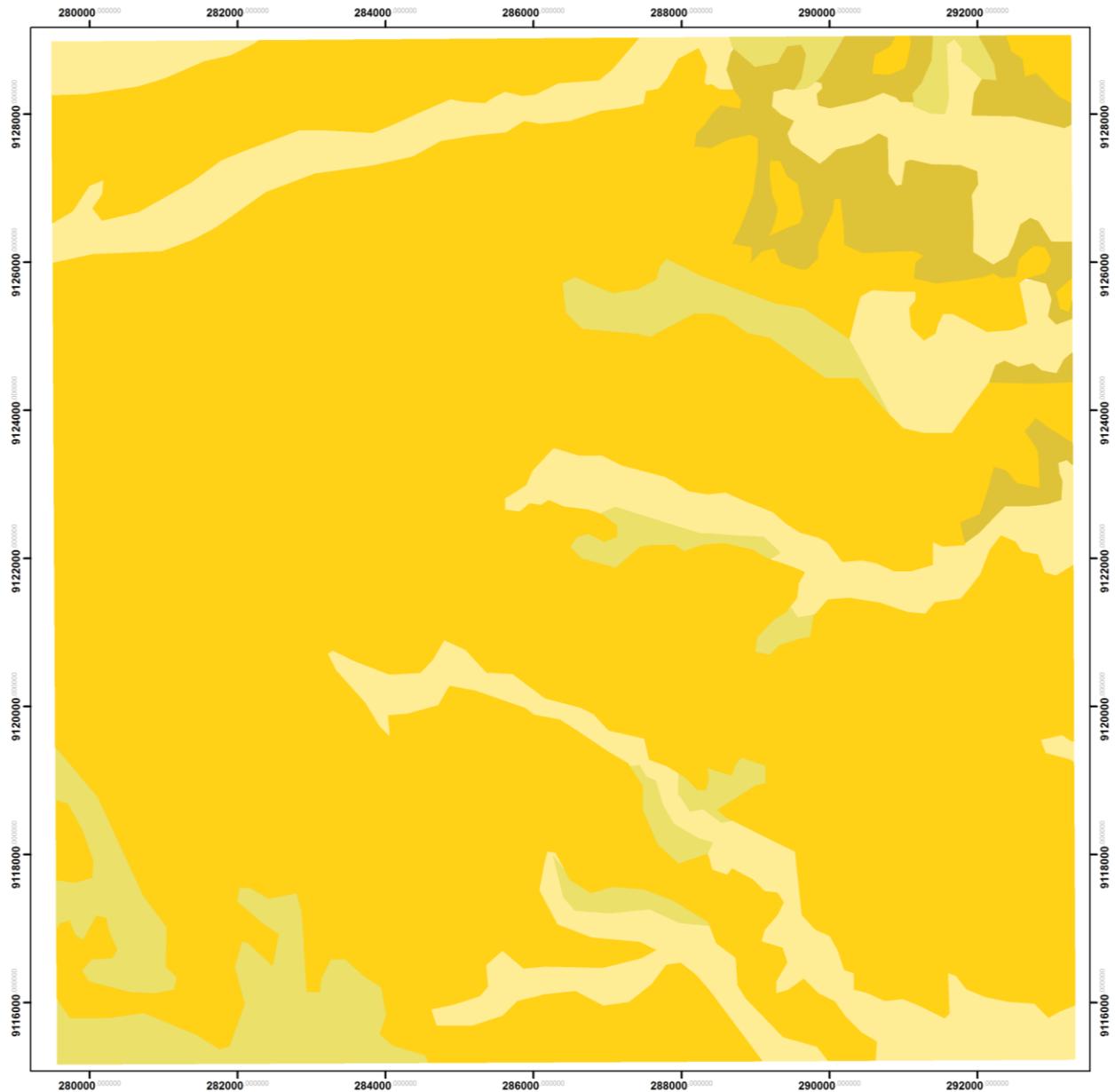
Figura 13: Subdivisão da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba com a localização da Folha Paulista (1:25.000)



Fonte: Adaptado de Mabeoone e Alheiros (1991).

As disposições dos compartimentos geológicos da área em questão podem ser observadas abaixo (Figura 14).

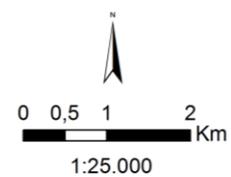
Figura 14: Unidades geológicas



Legenda

Classes

- Sedimentos Holocênicos Aluvionares
- Formação Barreiras
- Formação Gramame
- Formação Beberibe



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
 Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
 Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Adaptado do ZAPE (SILVA et al, 2001)

Essas formações podem ser categorizadas seguindo a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente – CPRH (CPRH, 2003) (Quadro 8).

Quadro 8: Definição dos tipos de Formações presentes na área de estudo

Formação	Definição
Beberibe	formada por conglomerados, arenitos continentais, arcóseos, siltitos e folhelhos. Apresentando um relevo que varia entre o plano e uma ondulação suave, tratando-se de uma altitude inferior a 30 metros
Gramame	tem origem marinha ressalvada pela deposição de sedimentos advindo da transgressão marinha do Cretáceo Superior. Os depósitos dessa formação apresentam altitudes que variam entre 10 e 40 metros
Barreiras	composta por sedimentos areno-argilosos não consolidados (oriundos do continente), arenitos, caulínicos, lateríticos e argilas variegadas
Sedimentos recentes	são compostos por depósitos de brejos, pântanos, mangue, praia atual, terraços marinhos (Pleistocênicos e Holocênicos), fluviais, flechas litorâneas e recifes. Em linhas gerais são formações recentes de origem marinha, fluvial ou mista

Fonte: Adaptado da CPRH (2003)

Quanto à Formação Beberibe, compreende aos depósitos fluviais a partir do Cretáceo Superior compostos por arenitos grosseiros a conglomeráticos, por vezes finos, mal selecionados, essencialmente quartzosos, apresentando níveis de arenito maciço, com cimento calcífero e restos de conchas, além de apresentarem uma espessura média de 200 metros e intercalando entre siltitos e folhelhos, enquanto que na porção superior, apresenta uma origem marinha composta por uma sequência arenosa com cimento carbonático. (PFALTGRAFF, 2007).

Segundo Alheiros (1998), a estrutura homoclinal desta bacia, que apresenta um leve mergulho para leste, em consonância a textura e aos minerais presentes no pacote basal da Formação Beberibe, denuncia um condições favoráveis para a acumulação de águas subterrâneas.

Sobre a Formação Beberibe repousa a Formação Gramame, de idade neocretácea, tem origem marinha a partir de um evento regressivo (BARBOSA *et al*, 2003). Brasil (1981) sinaliza que há também deposição de sedimentos advindos da transgressão marinha do Cretáceo Superior, totalizando uma espessura média de 55 metros. Nesta etapa surgem os depósitos calcáriosossilíferos, calcários margosos, margas e argilas, apresentando horizontes fosfáticos interdigitando-se com calcarenitos (PFALTGRAFF, 2007). As referidas incidências de calcário da Formação Gramame propiciaram a instalação da indústria do ramo do cimento para a extração de matéria-prima.

Enquanto que, localizada majoritariamente a oeste da área em questão, aparece a Formação Barreiras, composta por sedimentos depositados no plio-pleistoceno (MABESSONE; ALHEIROS, 1993), areno-argilosos não consolidados (oriundos do continente), arenitos, caulínicos, lateríticos e argilas variegadas (BARBOSA *et al*, 2007), apresentando uma espessura média de 60 metros (BRASIL, 1981).

Tais sedimentos são de origem continental, no âmbito da deposição fluvial. Porém apresentam peculiaridades, pois na sua porção leste se comunicam com depósitos marinhos, tornando-se flúviomarinhos e a oeste são abarcados por leques aluviais (ALHEIROS; LIMA FILHO, 1991; BARBOSA *et al*, 2007; GIRÃO, 2007a).

Todavia, é importante ressaltar que os sedimentos fluviais se sobressaem quando comparados aos flúviomarinhos, sobpostos aos depósitos de leques aluviais, e abrangendo cerca de 70% da área total, além de varia entre 40 a 80 metros de altitude (GIRÃO, 2007a). O mesmo autor ainda chama a atenção para a presença de fáceis fluviais apresentarem vários estratos de paleossolos, com detritos de seixos de quartzos, sendo este denominados de *stone lines* (linhas de pedra), subarredondados e subangulosos.

No âmbito dos movimentos de massa, a Formação Barreiras a qual possui a maior representação espacial na área investiga, apresenta maior suscetibilidade para os do tipo escorregamento rotacional, pois o pacote sedimentar é mais espesso, corroborando com as ideias do WP/WLI (1994), de Gerscovich (2012) e de Fernandes e Amaral (2009), Discordando do parâmetro da RMR, visto que para ela a maior ocorrência esta relacionada aos escorregamentos translacionais (PFALTZGRAFF, 2007).

Contribuindo para a compreensão da deflagração dos escorregamentos no Recife, Gusmão Filho (*et al*, 1997 apud ALEHEIROS, 1998) em estudo sobre a encosta entre o córrego do Boleiro e o Alto do Reservatório (Zona Norte do Recife), sobre a Formação Barreiras, concluíram a partir dos perfis de umidade coletados no inverno e no verão que a

espessura do umedecimento do solo atingiu até os três metros de profundidade, sendo esta a superfície limítrofe de um provável escorregamento.

Culminando os depósitos da área, surgem os sedimentos (Holocênicos) aluvionares, tratando-se de depósitos fluviais que acompanham o trajeto atual ou pretérito dos rios. Areias grossas e cascalhos dominam nos depósitos de canal e areias finas a argilas, nas planícies de inundação, particularmente em alças de meandros abandonados. Pela sua grande mobilidade ao longo do tempo geológico, os rios produzem depósitos de geometria complexa, com camadas descontínuas, o que representa um grande problema para a interpretação de perfis em escala de detalhe (ALHEIROS, 1998).

Segundo Brasil (2001) os sedimentos aluvionares arenosos e areno-argilosos ocupam o baixo curso dos principais rios que drenam as bacias sedimentares, apresentando granulometria fina a grosseira, com intercalações de siltes e argilas. E devido a sua localização quanto às cotas de altitude, compreendendo as porções mais rebaixadas e com baixa declividade, não são ambientes característicos de deslizamentos.

3.3 GEOMORFOLOGIA

Na escala de detalhe, o que corresponde ao modelado espacial selecionado por esta pesquisa, surge uma debilidade de dados quanto ao modelado da superfície completa da área investigada. A maior parte conhecida, em detalhe, recai sobre a porção no município do Recife, tendo tal recorte sido amplamente investigado por outros estudos (CORREA, 2006; GIRÃO *et al*, 2013; CARVALHO *et al*, 2010; ALMEIDA; CORREA, 2012; CAVALCANTI, 2012; SOUZA *et al*, 2012; SANTOS, 2013). Porém, esta explanação procurará, a partir dos dados da RMR, inserir as definições pertinentes à área de estudo. Para tal, faz-se necessário abarcar as condições gerais que se dispõe o recorte metropolitano local.

De modo amplo, a RMR apresenta, como unidades geomorfológicas, a faixa litorânea, os tabuleiros costeiros e o planalto rebaixado litorâneo (BRASIL/MME, 1981). Porém, Girão (2007a) entende que, na escala de detalhe, surgem às subunidades geomorfológicas. Desta forma, expõe as planícies costeiras – formadas pelas planícies marinhas e flúviolagunar –, as planícies aluviais – correspondendo aos terraços fluviais – e os tabuleiros – subdivididos em tabuleiros dissecados e pouco dissecados.

Mesmo a área de estudo compreendendo a uma escala de detalhe, esta abarca boa parte das subunidades apresentadas. Desta forma, dissertar-se-á todas as que se fazem presentes na área de enfoque.

De caráter incipiente para o foco do trabalho enquadram-se as planícies – de influência continental (aluvial) e flúviomarinhas – que a partir de uma perspectiva vertical, se concentram, sobremaneira, na porção leste da área (Figura 15). Estas se apresentam com a variação altimétrica entre zero a 10 metros, e com um suave declive no sentido oeste-leste. Possuindo material arenoso médio a grosso nas áreas mais elevadas, silte-argiloso na porção central e muito grosso nas partes mais baixas (FILHO *et al*, 1991). Este compartimento geomorfológico teve sua gênese no Quaternário, mediante os processos de transgressão e regressão marinha, o que resultou em depósitos cíclicos no estuário recifense.

Figura 15: Visualização da planície no município de Paulista - Porção centro-leste da área.



Fonte: Autor (02/12/2014)

Na porção oeste da folha Paulista, tem-se majoritariamente os tabuleiros pouco dissecados, que se instauram sobre a Formação Barreiras. Apresentam poucas cicatrizes na drenagem e com interflúvios de topos planos (Figura 16). Além de cotas altimétricas atingindo os 150 metros. Tal feição é composta de sedimentos pouco ou não consolidados, mal selecionados, detríticos, siliciclásticos de origem terrígena continental e marinha (ARAI, 2006).

Figura 16: Visualização ao fundo dos Terraços pouco dissecados no município do Recife - Porção centro-leste da área.



Fonte: Autor (02/12/2014)

Em uma orientação norte-sul na folha, tem-se na porção central, como franja da dissecação desses tabuleiros pouco dissecados, os tabuleiros dissecados, localmente denominados de “morros” (GIRÃO, 2007a) ou colinas (CORREA, 2006; GIRÃO, 2007a) (Figura 17). Lima (2002) sinaliza que na porção norte-noroeste da cidade do Recife, porção inserida na área dessa pesquisa, as colinas delimitam a área da planície.

As últimas subunidades citadas revelam maior interesse no âmbito da pesquisa por apresentaram maior declividade e proporcionarem elevada probabilidade aos deslizamentos investigados nessa conjuntura. Correa (2006), ao relacionar a dinâmica geomorfológica do Recife com os movimentos de massa, afirma que:

No caso do Recife o ângulo de repouso será conseqüência majoritariamente da mistura de materiais que forma os depósitos da Formação Barreiras, geralmente sedimentos arenosos com algum teor de argila, ou os solos residuais decorrentes da alteração do embasamento cristalino. Quanto mais fino e bem arredondado for o sedimento menor será o seu ângulo de repouso. A cobertura vegetal, através de sua malha de raízes e pela copa das árvores, que intercepta a precipitação direta, ajuda a aumentar o ângulo de repouso, impedindo a ocorrência de deslizamentos. (CORREA, 2006, p. 101)

Figura 17: Visualização das colinas (morros) no município do Recife - porção centro sul da área.

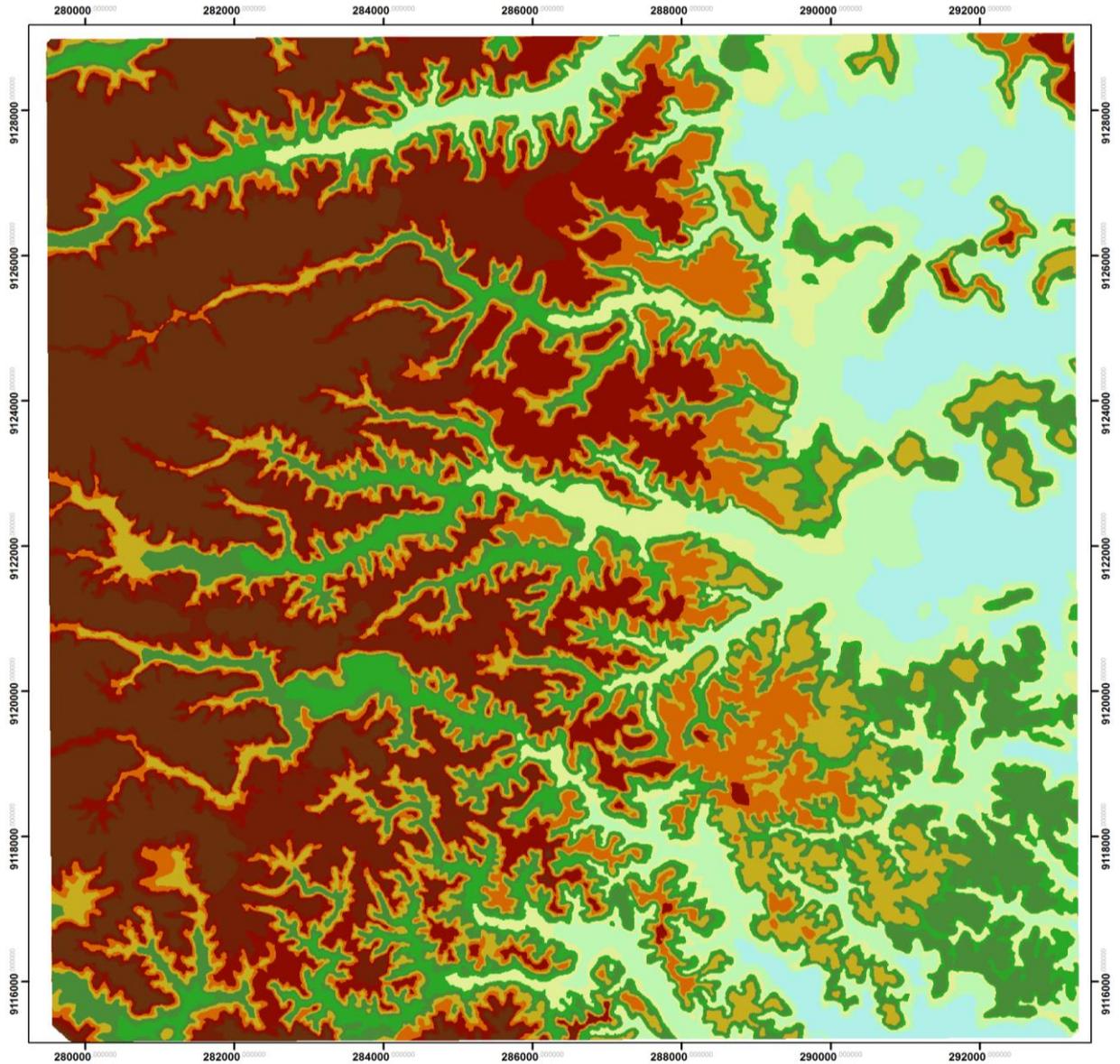


Fonte: Autor (02/12/2014)

Em uma representação hipsométrica (Modelo Digital de Terreno – MDT) (Figura 18) é possível entender as cotas altimétricas explicitadas no decorrer de todo o texto. Quando se materializa o declive contínuo no sentido oeste-leste (do continente para o litoral), além da incisão dos rios nos tabuleiros pouco dissecados, de modo tímido, alcançando os morros e finalmente repousarem, com baixo declive, na planície litorânea.

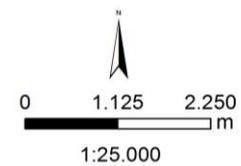
Ainda que se utilize a representação hipsométrica auxiliando a percepção das unidades geomorfológicas da área, far-se-á presente nos resultados deste trabalho o material cartográfico das unidades descritas.

Figura 18: Mapa hipsométrico



Legenda
Altitude (m)

10 - 15,4	55,1 - 64,9
15,4 - 25,3	64,9 - 74,7
25,3 - 35,5	74,7 - 84,9
35,5 - 45,3	84,9 - 95,1
45,3 - 55,1	95,1 - 110



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Adaptado de SUDENE (1985)

3.4 PEDOLOGIA

Em relação à cobertura pedológica presente na área de estudo, verificou-se majoritariamente, enquanto espacialização de grandeza, os Latossolos Amarelos (LA), os Argissolos Amarelos (PA), os Espodossolos, os Gleissolos e os solos de Mangue (Figura 19). As áreas que não puderam ser identificadas foram abarcadas pelo processo da urbanização. Dentre os passíveis de identificação, segue uma abordagem explanatória segundo a classificação da Embrapa (2006) e do IBGE (2007):

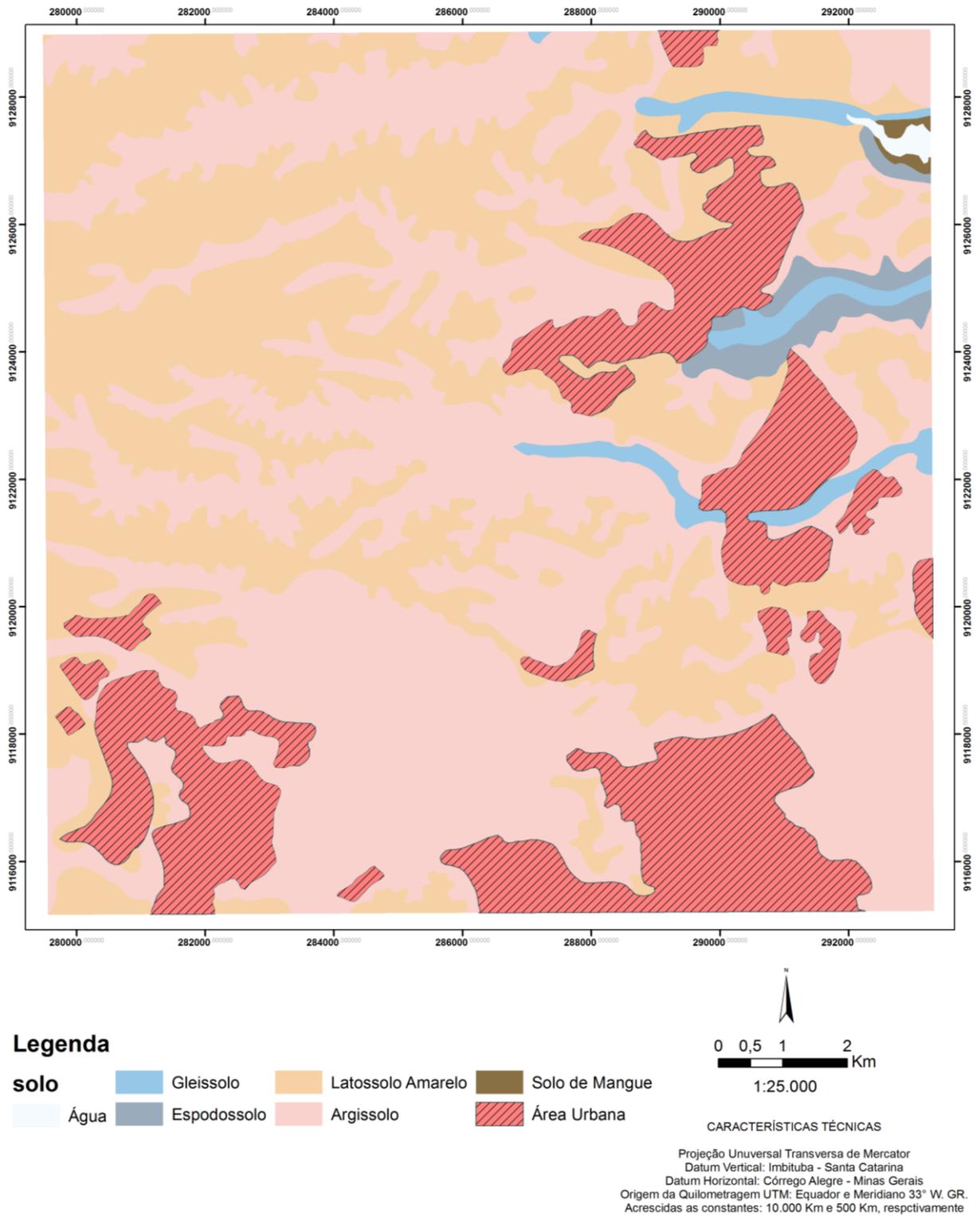
3.4.1 Latossolos Amarelos

São solos de avançado estágio de intemperismo, apresentando como característica principal a presença de argilas com elevado teor de óxido de ferro, alumínio, silício e titânio. São típicos das áreas equatoriais e tropicais, podendo aparecer nas zonas subtropicais, distribuídos, principalmente, nas amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado. Não desprezando a hipótese de ocorrerem em áreas mais acidentadas, até mesmo em montanhas.

Surgem a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos, sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos. Aparecem a partir de materiais sedimentares argilosos ou areno-argilosos da Formação Barreiras, Litoral brasileiro, ou na Formação Alter-do-Chão, no platô da região Amazônica. Normalmente são profundos (superiores a um metro) e apresentam os horizontes A, B e C, porém com transição gradual.

A cor amarelada é uniforme em profundidade, sendo aplicado este mesmo critério para o teor de argila. A textura mais comum é a argilosa ou muito argilosa. Vale ressaltar também à elevada coesão dos agregados estruturais (solos coesos).

Figura 19: Cobertura pedológica



Fonte: Adaptado de Silva (et al, 2001)

3.4.2 Argissolos Amarelos

Estes surgem majoritariamente de sedimentos oriundos da Formação Barreiras, porém, podem evoluir das rochas cristalinas ou sob influência. É proeminente um horizonte de acumulação de argila, denominado de B textural (Bt), normalmente de coloração amarela. A argila desse compartimento apresenta atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. Os Argissolos Amarelos apresentam textura que varia de arenosa/média até média/muito argilosa.

3.4.3 Espodossolos

Possuem como característica preponderante a composição de materiais arenoquartzosos, sob gênese de um ambiente de umidade elevada. São solos evidenciados por material mineral com horizonte B espódico, seguidos do horizonte E (állico ou não) ou do horizonte A. Além de apresentarem uma separação evidente entre os horizontes.

Os Espodossolos são comumente encontrados em ambiente de restinga. A sua coloração no horizonte A permeia da cor cinza até a preta. Enquanto que o horizonte E aparece da cor cinza (ou cinza claro) à branca. Porém, o horizonte B (espódico) transita entre o cinza (escuro ou preto) à quase branco.

3.4.4 Gleissolos

São solos minerais desenvolvidos a partir de sedimentos recentes (Holoceno) não consolidados. A sua constituição varia de argilosa, argiloarenosa e arenosa. Em geral são solos mal a muito mal drenados, apresentando características ligadas ao excesso de umidade permanente ou temporária, por causa da proximidade do lençol freático à superfície. Normalmente encontrados em ambientes de várzeas úmidas e baixadas.

O horizonte subsuperficial possui coloração acinzentada com mosqueamentos amarelados ou avermelhados, devido à oxidação do ferro presente na matriz do solo, resultante da oxirredução.

3.4.5 Solos de Mangue (Organossolos)

Designados como Indiscriminados de Mangues (SM), são solos halomórficos pouco desenvolvidos, lamacentos, escuros e com elevada concentração de sais, oriundo da água do mar. A granulometria é variada e tem origem recente (Holoceno).

Os solos de mangue são formados na deposição dos sedimentos, oriundos do ambiente marinho e fluvial, em baixa energia. De maneira geral, tais solos não apresentam horizontes bem definidos ao longo do perfil, podendo a textura variar de argilosa até arenosa.

Estes solos são, normalmente, os antigos Solonchaks e os Gleissolos, todos com caráter tiomórfico. Nestes ambientes ocorrem sedimentos lamacentos que ainda não atuaram os processos pedogenéticos, não constituindo solos por não apresentarem nenhum horizonte diagnóstico. Como são solos de pouca apreciação técnica, não se evidenciam informações mais proeminentes, carecendo de maiores estudos.

3.5 CLIMATOLOGIA

Estando a área de estudo inserida na Região Metropolitana do Recife, tem-se o seu perfil climático agregado a este compartimento locacional, que se trata de uma área tropical, nas proximidades dos 8° de latitude ao sul, abarcando uma elevada incidência dos raios solares de angulação mais perpendicular durante a maior parte do ano. Evidencia-se também a influência do oceano Atlântico na característica climática da área, por se apresentar como um regulador térmico proeminente, resultando em médias térmicas comumente elevadas.

Porém, Molion e Bernardo (2000) sinalizam que a pluviosidade seria o componente da climatologia de maior importância no ambiente tropical. Este entendimento corrobora para o âmbito investigativo da presente pesquisa, visto que se debruça sobre os deslizamentos, que possuem, dentre o seu desencadeamento, a pluviosidade como fator preponderante para a

ocorrência. No mesmo trabalho, os autores ainda sugerem que os mecanismos que promovem as chuvas no Nordeste Brasileiro (NEB) devem ser classificados como de grande escala (responsáveis por 30% a 80% da precipitação), de meso e microescala, culminando os índices totais registrados.

Nessa perspectiva hierárquica, Uvo e Berndtsson (1996) entendem que as chuvas no nordeste são reguladas pelo El Niño; Temperatura da Superfície do Mar (TSM) – no oceano Atlântico – ventos Alísios, Pressão do Nível do Mar (PNM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no oceano Atlântico; Frentes Frias; e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Ferreira e Mello (2005) chamam a atenção também para a presença de Linhas de Instabilidade (LI) e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

A ZCIT e os sistemas frontais se inserem nos mecanismos de grande escala; as perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas terrestres e marítimas concernem aos de mesoescala; e os de micro escala ficam a cargo dos sistemas de circulação orográfica e pequenas células convectivas (MOLION E BERNARDO, 2002).

Contudo, a área de estudo se insere na porção leste do litoral nordestino (ENE), também denominado de Nordeste oriental, e neste, os sistemas frontais, somado aos Alísios e às brisas, são mais evidentes na produção das chuvas pelos sistemas de grande escala (MOLION; BERNARDO, 2002). Entretanto a ZCIT pode atingir a Região Metropolitana do Recife entre meados da primavera até meados do outono (novembro-maio), chegando até 12° Sul de latitude (SOUZA; LACERDA, 1998; TUBELIS; NASCIMENTO, 1992).

No âmbito da mesoescala tem-se as perturbações ondulatórias no campo dos Alísios (POA), responsáveis por 30% a 40% dos totais pluviométricos segundo Molion e Bernardo (2002). No período de abril a julho se instaura uma Zona de Convergência na costa leste do Nordeste (ZCEN), sendo majoritariamente responsável pelas chuvas na área em questão. A umidade a qual alimenta surge do Atlântico, porém se a temperatura da TSM demonstrar variações positivas, a umidade deslocada será ainda mais elevada, resultando na potencialização da ZCEN (MOLION; BERNARDO, 2002).

As Frentes Frias também podem atingir excepcionalmente a área de estudo nos meses mais chuvosos do inverno (junho/julho), na Figura da Frente Polar Atlântica (FPA), e quando associadas aos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), aumentam a magnitude e ampliam os índices pluviométricos, elevando o risco ambiental, dentre eles, os deslizamentos e as enchentes.

Além da atuação dos sistemas de forma isolada, é preciso atentar para congruência de sistemas de diferentes escalas, pois em comumhão podem culminar em índices pluviiais ainda maiores do que os da normalidade aguardada pelas médias já conhecidas. Acerca dessa temática, Molion e Bernardo (2002) registram que a aproximação de uma POA no ENE ao se confluir com uma brisa terrestre, o que é bastante comum ocorrer nas proximidades da costa oriental do nordeste no período da noite, pode resultar em tempestades com totais pluviométricos maiores que 50mm ao dia, além de rajadas de vento ultrapassando 50 Km/h.

A máxima congruência de sistemas se concretizou, recentemente, em meados de junho de 2010, quando a Zona da Mata Sul de Pernambuco, além de uma porção da Mata Alagoana foram submetidas a uma elevada taxa pluviométrica em apenas três dias. O boletim técnico do CPTEC (2010) para os dias 16,17, 18 e 19, especialmente no item “previsão”, divulgou que Região Nordeste seria abarcada por ventos oriundos do oceano Atlântico, os quais favoreceriam a ocorrência de chuva. Reforçou que entre o Rio Grande do Norte (RN) e Alagoas (AL) a instabilidade seria intensificada pela presença de um canal de umidade, que diminuiria no sábado (19/06), mas ainda existiria a chance de acumulados de chuva considerável, tanto na quinta-feira (17/06) quanto na sexta-feira (18/06).

Já no boletim do dia 18 de junho (CPTEC, 2010), como também a partir da análise da carta sinótica (Figura 20), demonstrava a modulação da convecção associada à ZCIT que intensificaria a convecção entre o oceano Atlântico e o Equador, Colômbia, Venezuela, Suriname, norte do Amazonas (AM), Roraima (RR), noroeste e norte do Pará (PA) e Amapá (AP). Sinalizava a presença de um VCAN podendo este corroborar na intensificação da instabilidade no litoral da Paraíba, passando por Pernambuco até chegar a Alagoas do dia 17 até a manhã do dia 18. Tal verificação foi possível no nível de 250 hPA.

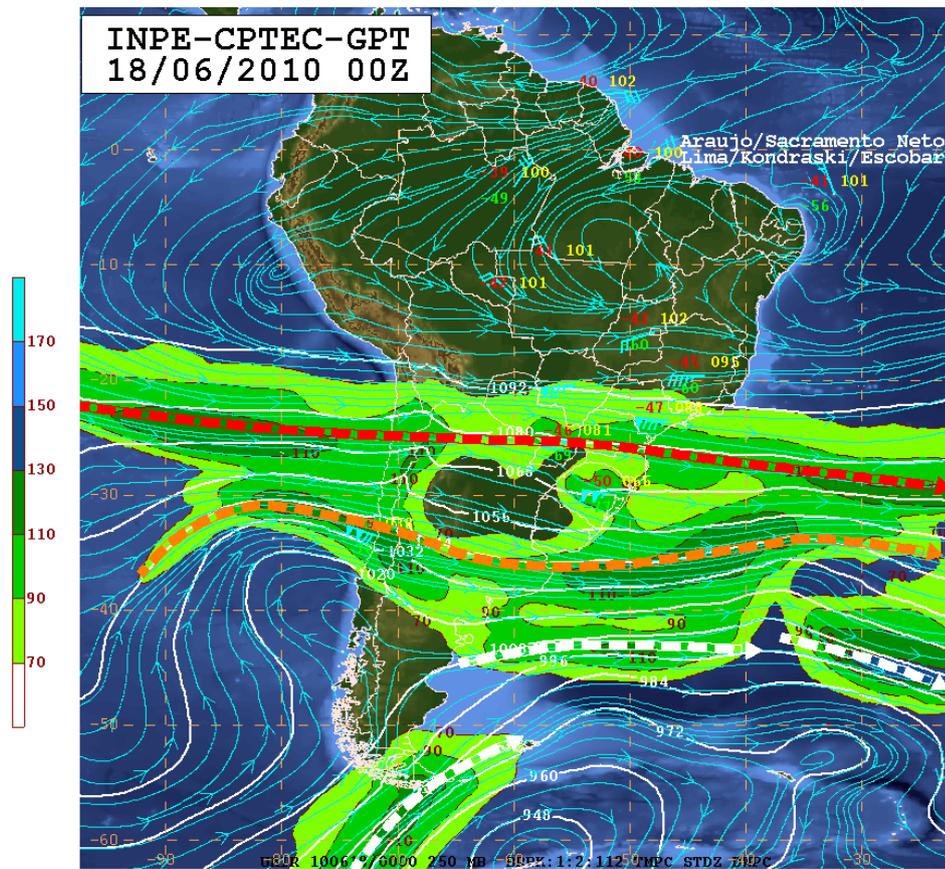
Ainda no mesmo boletim, no eixo da superfície, verificava-se um cavado invertido nas proximidades da costa de Sergipe e Alagoas, o que intensificaria a convergência de umidade para o leste da Região Nordeste (entre Pará e Alagoas). Tais condições acrescidas do Vórtice Ciclônico (VC) na alta troposfera poderiam ter potencializado os acúmulos relevantes de chuva superando 100 mm entre o dia 17 e a manhã do dia 18 (CPTEC, 2010).

Corroborando para esta verificação, as imagens do satélite GOES 12 realçada (Figura 21 - A) captaram o início da atuação do sistema ainda no dia 17, as 16h (Figura 18 – B), e a sua propagação para o continente as 0:15h do dia 18, atestando a elevada magnitude do evento (CPTEC, 2010).

O evento pluviométrico de elevada magnitude entre os dias 16 e 19 de junho de 2010 fora o desencadeador para as enchentes e os movimentos de massa em várias cidades

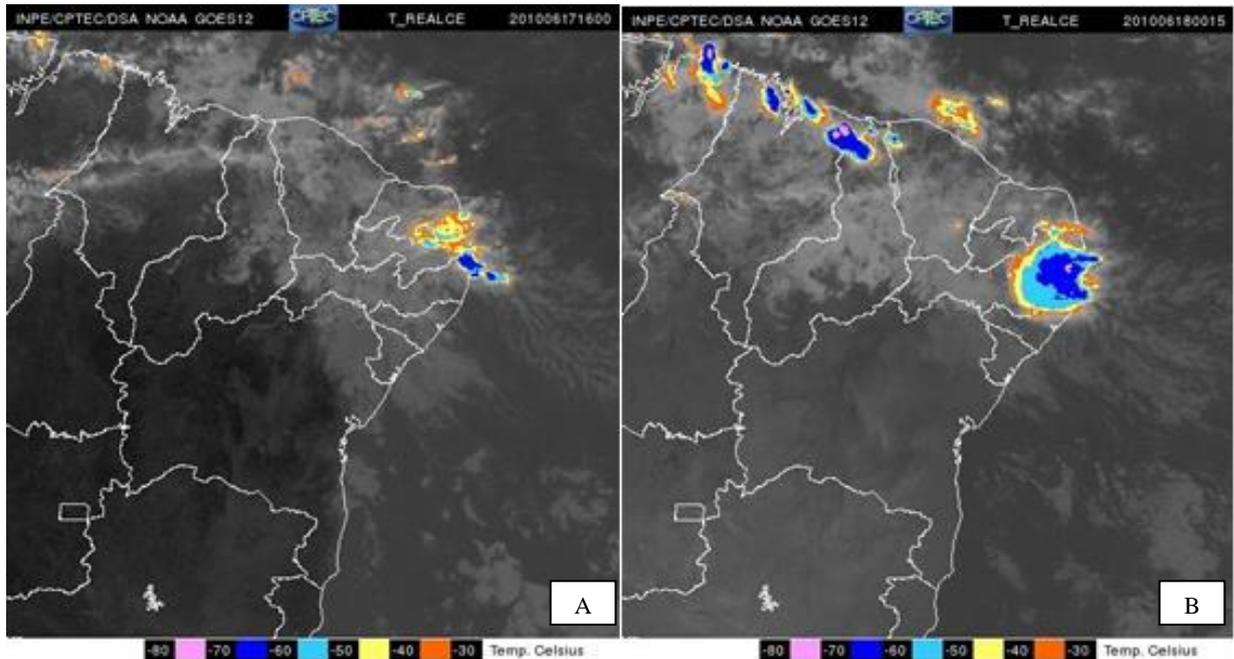
pernambucanas e alagoanas, quanto ocorreu um *input* elevado de energia adentrando no continente a partir do oceano atlântico, mais especificamente na porção do litoral oriental nordestino, caracterizado como DOL, somado as brisas marítimas, neste instante acionadas pela elevada temperatura do mar próximo à costa da área citada (GIRÃO *et al*, 2013). A precipitação entre os dias 16, 17 e 18, em alguns locais, ultrapassou o índice de 250 mm (CPTEC, 2010).

Figura 20: Carta sinótica - 18/06/10



Fonte: CPTEC

Figura 21: Imagens do satélite GOES 12 Realçadas dos dias 17 e 18/06/2010



Fonte: CPTEC

3.6 HIDROGRAFIA

Os mecanismos que se utilizam da dinâmica hídrica como fator preponderante na morfologia da paisagem em relação à dissecação do relevo, devem ser observados com acurácia, pois representam um grande fenômeno na modelagem e rearranjo dos processos. Na aproximação das redes de drenagem, fica clara a relevância de tal fenômeno, principalmente em ambientes ainda não urbanizados ou ainda em processo não tão avançado.

A área de pesquisa apresenta uma rede hidrográfica orientada no sentido oeste-leste, estando todos os rios fluindo para o oceano Atlântico, direta ou indiretamente. Porém, são rios de baixa vazão e pouco poder incisivo, mediante a baixa declividade encontrar na maior parte do curso. A baixa declividade e a proximidade do ambiente marinho culminam na significativa participação do mar na dinâmica fluvial nas proximidades de sua foz.

Os rios da área investigada contemplam as bacias da porção norte do estado de Pernambuco, mais especificamente as bacias hidrográfica do Igarassu, Timbó, Paratibe e Beberibe, correspondendo ao Grupo das Pequenas Bacias Litorâneas (GL I), além da bacia do Capibaribe (CPRH, 2003) (Tabela 2) (Figura 22).

Nesta imagem não se faz presente todos os rios principais da referidas bacias hidrográficas, pois a área não abarca completamente as bacias supracitadas. Entretanto, excetuando-se as do Paratibe e Beberibe que aparecem no mapa, ao norte faz-se referência aos rios Bonança e Utinga porque compõem a bacia do Rio Igarassu. Assim com o rio Barro Branco ao representar a bacia do Rio Timbó e o Rio das Tintas, a Bacia do Capibaribe.

Nos dados apresentados abaixo (Tabela 2) é possível verificar a espacialização das bacias pelos municípios que são abarcados na quadrícula. Porém, a área por município não corresponde ao recorte da bacia na área da pesquisa, e sim a área total que a bacia ocupa no município como um todo.

Nesta perspectiva, faz-se necessário aprofundar a compreensão da dinâmica hídrica dos canais responsáveis pela dissecação do relevo da área e as suas contribuições para os possíveis eventos.

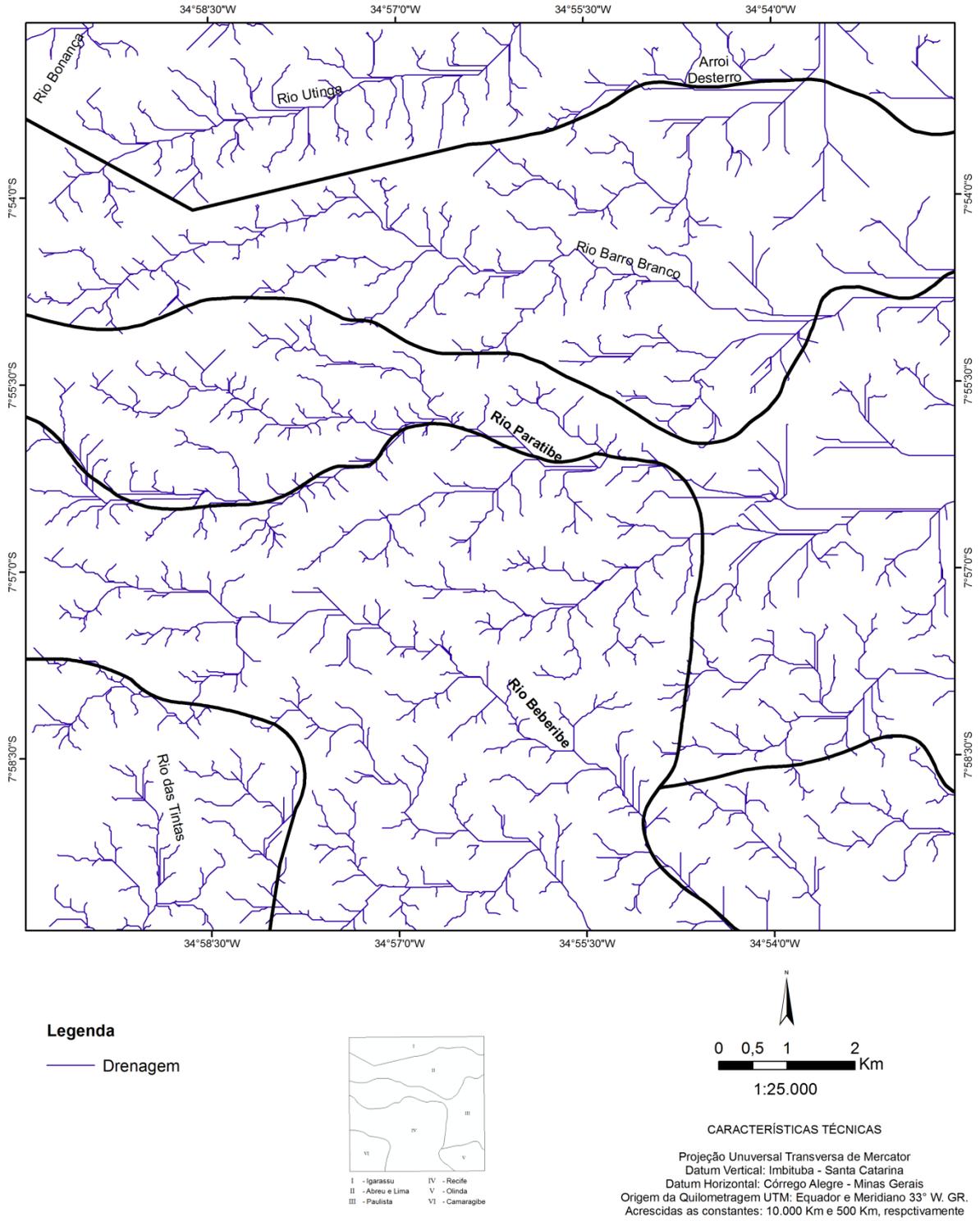
Tabela 2: Relação entre as bacias hidrográficas e os municípios presente na quadrícula

Bacias hidrográficas	Área da bacia no município (em hectares e em percentuais)						Total
	Abreu e Lima	Camaragibe	Igarassu	Olinda	Paulista	Recife	
Rio Igarassu	2.312,87		11.710,15		37,83		14.060,85
	16,10%		81,70%		0,30%		98,10%
Rio Timbó	4.472,82		2.295,37		2.528,22		9.296,41
	48,10%		24,70%		27,20%		100,00%
Rio Paratibe					6.283,09		6.283,09
					100,00%		100,00%
Rio Beberibe		200,00		1.230,00	840,00	5.540,00	7.810,00
		2,56%		15,75%	10,76%	70,93%	100,00%
Rio Capibaribe		3.429,24				6.858,48	10.287,72
		0,46%				0,92%	1,38%
Área total dos municípios	12.619,30	51.257,00	30.556,00	4168,10	9.731,20	21.843,50	130.175,10

Fonte: dados adaptados do IBGE² e CPRH (2003).

² Dados territoriais dos municípios selecionados a partir da ferramenta Cidades@ do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261160&search=pernambuco>>. Acessado em: 29 dez. 2014.

Figura 22: Principais rios da rede hidrográfica da Folha Paulista.



Fonte: Adaptado de Silva (et al, 2001)

3.6.1 Bacia do Rio Igarassu

A área se concentra majoritariamente no próprio município de Igarassu. Aproximadamente 16% da superfície da bacia se localizam em Abreu e Lima. Os limites geográficos ocorrem, ao norte, na bacia do rio Botafogo e o Canal de Santa Cruz; a oeste, na bacia do rio Capibaribe; ao sul, ao encontrar as bacias do rio Timbó e Paratibe; e finalmente ao leste, quando alcança ainda a bacia do rio Timbó, além das microbacias que circundam o Canal de Santa Cruz (CPRH, 2003).

Os rios Utinga e Bonança são os aparecem na área de estudo, ainda de forma incipiente, pois a área de estudo contempla uma pequena faixa ao norte relacionada ao município de Igarassu. Desta forma, pouco contribui para os estudos. Mas, vale ressaltar que os dois rios citados originam o rio Monjope, principal afluente do rio Igarassu. Os afluentes do Monjope são drenados sobre os Tabuleiros que repousam na Formação Barreiras, além de alguns trechos, transitarem sobre sedimentos Holocênicos aluvionares.

3.6.2 Bacia do Rio Timbó

Permeia a superfície em 32,5 % do município de Abre e Lima, 25,7% de Paulista e apenas 7,7% de Igarassu. Ao norte, se limita com a bacia do Igarassu; a oeste, na junção da bacia do Igarassu e do Paratibe; ao sul, apenas com a bacia do Paratibe; e, na porção leste, nas microbacias da planície litorânea.

Atribuiu-se a bacia o nome do principal rio – Timbó – que surge na porção centro-noroeste, um pouco além da área de estudo, ainda com o nome de Barro Branco, só ao atingir o estuário de paulista recebe o nome de Timbó (CPRH, 2003). Já no seu médio curso, tem no Arroio Desterro e o rio Zumbi, os seus maiores tributários (adentrando pela margem esquerda. Enquanto que pela direita surge o rio Fundo. Posteriormente deságua no bairro de Nova Cruz (Igarassu) e no de Maria Farinha (Paulista), quando encontra o oceano Atlântico.

Entretanto, na área de estudo visualiza-se apenas o Barro Branco, na porção centro-norte da carta, cortando-a completamente no sentido oeste-leste, e o Arroio Desterro a nordeste. Porém, não enxerga a confluência, pois, ultrapassa os limites da delimitação espacial da pesquisa.

No seu alto curso e parte do médio, ainda como Barro Branco, no tocante da área em questão, se concentra nos tabuleiros da Formação Barreiras, seguindo doravante – médio curso – pelos sedimentos Holocênicos aluvionares e a Formação Gramame, quando não mais se insere no ambiente estudado.

3.6.3 Bacia do Rio Paratibe

A área contemplada pela bacia abarca 118 Km² e permeia os municípios de Camaragibe, Recife, Olinda e Paulista. Este reserva 53,2% da área total da bacia e 63,8% da superfície do município. Ao norte, limita-se com as bacias do Igarassu e do Timbó; a oeste, com a do Capibaribe; ao sul, com a do Beberibe; e a leste, com as microbacias que drenam o terraço marinho (CPRH, 2003).

O principal rio – Paratibe – surge no encontro dos municípios de Paudalho, Camaragibe e Paulista, e é denominado inicialmente como riacho da Mina. Este ainda recebe pela margem esquerda o rio Mumbeca, como afluente, mas quando há a confluência com o riacho do Boi, altera-se para rio Paratibe. Posteriormente recebe pela margem direita o Canal da Tinta, o rio Frágoso e o Piaba, além do Córrego Maximino e os riachos da Cova, da Onça e da Mina. Na outra margem tem o riacho Limoeiro e outros tributários menores não identificados.

O rio Paratibe, na área de estudo, se origina em meio aos Tabuleiros da Formação Barreiras na porção central do ambiente investigado, e com poucos quilômetros, seguindo no sentido oeste-leste, adentra nos sedimentos Holocênicos aluvionares e segue o seu curso posterior além da delimitação do campo investigado.

3.6.4 Bacia do Rio Beberibe

Abrange uma pequena porção do município de São Lourenço da Mata, porém com pouca expressão (0,9 Km²). A partir da confluência dos rios Pacas e Araça (VAINSENER, 2006), nasce o rio Beberibe no município de Camaragibe, compreendendo a 2 Km² da bacia.

Esta ainda drena parte dos municípios de Paulista (8,4 Km²), Recife (55,4 Km²) e Olinda (12,3 Km²).

Pimenteiras, Secca, Marmajudo, Dois Unidos, Água Fria, Assador de Varas são os canais que desembocam pela margem direita, além do Rio Morno e o Canal do Vasco da Gama, que recebem, respectivamente, o riacho dos Macacos e os Córregos do Euclides e do Deodado. Já pela margem esquerda, o Córrego do Abacaxi (Lava Tripa) e o Canal da Malária.

A bacia do Beberibe drena uma área do total aproximada de 79 Km² (CPRH, 2003), ao sul da área de estudo demandando uma trajetória no sentido oeste-leste, dissecando desde os Tabuleiros pouco dissecados, sobre a Formação Barreiras, passando pelos “morros”, ora repousados na Formação Beberibe ora na Formação Barreiras, chegando até a planície litorânea, que recobre os sedimentos holocênicos.

3.6.5 Bacia do Rio Capibaribe

Abarca 42 municípios, com uma superfície de drenagem de 7.557,41 km² e com 280 km de extensão. Surge no limítrofe dos municípios de Porção e Jataúba, no Agreste Pernambucano, de característica climática semiárida. Visto isso, inicialmente se apresenta de regime intermitente, passando a perene no município de Limoeiro (já no baixo curso).

Apesar de ser um dos principais rios da RMR, quanto à área de estudo, drena apenas uma pequena porção sudoeste da quadrícula, compreendendo ao município de Camaragibe, em 0,46%, e no município de Recife, apesar de ser o de maior expressão territorial dentro da quadrícula, drena apenas 0,92%. Este último se concentra na porção sudoeste da área investigada, sendo o Rio das Tintas o responsável por drenar a área pertencente à folha Paulista.

3.7 USO DA TERRA

A área de estudo fora palco da ocupação portuguesa no início do século XVI, *a priori* como sustentáculo econômico sobre a extração do Pau-Brasil, o que explica a grande devastação da Mata Atlântica que recobria boa parte do litoral brasileiro. *A posteriori* mais

um impacto negativo perante a cobertura vegetal nativa, quando se inseriu o cultivo monocultor da cana-de-açúcar, a fim de atender a balança comercial favorável que imperava nas negociações econômicas entre a metrópole (Portugal) e o Brasil (Colônia).

Tal cenário revela tamanha destruição da flora endêmica que era encontrada anteriormente na área em questão. Na conjuntura atual se observa resquícios de Mata Atlântica, oriundos da preservação ambiental de cunho governamental, como por exemplo, a Mata de Dois Irmãos, a Reserva de Passarinho e a Reserva Ecológica de Caetés – também conhecida como Mata Chã Pau-de-Légua (CPRH, 2006) – localizando-se na porção centro-norte da área de estudo.

O setor de investigação se compartimenta na segregação espacial de ambiente urbano e periurbano (ou não urbano). A porção centro leste se revela mais urbanizada. Contudo, ainda ocorre nos ambientes mais afastados a oeste áreas economicamente agrícolas ou áreas atualmente sem função econômica (descampados, matas secundárias e terrenos de especulação imobiliária). Em maior detalhe esses locais se reservam nas porções noroeste e centro-oeste. Evidencia-se também a sudoeste, mas já aparecem pontos de urbanização proeminente.

O ambiente efetivamente urbano se concentra em uma faixa longitudinal na porção leste do recorte, expandindo-se para oeste quando se aproxima da parte final da área. Este cenário se dá, pois a porção central do Recife fora se desenvolvendo no âmbito do comércio e da indústria e as áreas mais a oeste seguiram ainda como terras produtoras, engenhos e herança. Além de apresentarem difícil acesso perante a falta de infraestrutura na dinâmica espacial. Essa característica se apresenta positivamente para as pessoas que buscam um ambiente mais tranquilo, mesmo a poucos quilômetros do ambiente urbano. Isso se concretiza na área de Aldeia.

As áreas supracitadas repousam majoritariamente sobre os tabuleiros pouco dissecados, parte mais elevada e tabular do espaço investigado. Não obstante de aparecerem também nos ambientes de morros, porém com baixa expressão.

O palco da atuação dessa pesquisa agrupa um contexto de agregado valor histórico, que subsidia o entendimento do processo de ocupação territorial e as possíveis consequências dessa dinâmica. A área abarca territórios dos municípios de Recife, Olinda, Camaragibe, Paulista, Abre e Lima e Igarassu.

Inicialmente a dinâmica administrativa e econômica da Capitania de Pernambuco se fez onde hoje se encontra Olinda. Esta fora a primeira capital de Pernambuco. Sua elevada produção com a extração do Pau-Brasil e o cultivo da cana-de-açúcar resultou em uma maior

arrecadação promovendo-a como um dos centros mais relevantes da colônia, passando a disputar com a Corte portuguesa os luxos e a ostentação (CONDEPE/FIDEM, 2014; ALCÂNTARA, 2002).

Olinda detinha boa parte do território ao norte, incluindo Paulista, Abreu e Lima e Igarassu. Paulista, como distrito de Olinda, só passou a ter relevância econômica com o advento da fábrica de tecidos, adquirida em 1904 pela família Lundgren, de imigrantes suecos (CONDEPE/FIDEM, 2014). Até a década de 70, Paulista foi apenas uma cidade industrial têxtil tradicional. O que originou algumas vilas populares e fabris. Após os anos 70, entretanto, um polo industrial moderno, instalado no distrito industrial de Paratibe, deu outra feição a esta cidade metropolitana (CONDEPE/FIDEM, 2014).

Enquanto que Abreu e Lima, em relação à ocupação humana, só mais tarde, ao longo da estrada pública (atualmente a BR 101), que ocorreu tal instalação. Essa via ligava Recife à Igarassu. Visto isso, apresentava-se como ponto acolhedor dos viajantes, que ali pernoitavam e também faziam suas refeições (CONDEPE/FIDEM, 2014).

Ao observar a evolução da ocupação humana na porção centro-sul da área investigada se verifica um ambiente que sofreu uma dinâmica diferenciada em relação ao demais município. Mesmo não sendo Recife o primogênito de Pernambuco, passou a ter uma responsabilidade econômica e política muito significativa para todo o estado e para o país (MACHADO, 2009). Mesmo Recife se sobrepondo à Olinda, muito custou para aquela recebesse o título de vila, a partir da carta Régia de D. João V (CONDEPE/FIDEM, 2014).

O porto do Recife foi responsável pela elevada dinâmica econômica viabilizada para o estado, além da sua significância para os estados de Piauí, Ceará, Paraíba, Alagoas e Sergipe, pois servia como ponto central no abastecimento desses outros estados (VAINSENER, 2009).

A elevada proeminência econômica do Recife acelerou o processo de ocupação, a princípio nas áreas baixas e planas. A Lei Municipal nº 1, de 06 de abril de 1892, confirmou a criação do distrito sede do município do Recife e esta mesma lei também autorizou a criação dos distritos de Afogados, Boa Vista, Encruzilhada, Graças, Poço da Panela, Santo Amaro, Santo Antônio, São Frei Pedro Gonçalves, São José e Várzea, integrados ao município do Recife (CONDEPE/FIDEM, 2014). Ratificando que a ocupação se deu inicialmente na planície do Recife. Vale salientar que o grande impacto econômico e estrutural fora desempenhado por Maurício de Nassau, “criando” a cidade Maurícia e com ela o alicerce para se tornar uma grande metrópole.

Mais ao sudoeste, da área de estudo, aparece uma pequena porção do município de Camaragibe, superfície recoberta por extensas florestas, com abundância e forte exploração de pau-brasil, cuja atividade de extração vegetal era executada entre os nativos e os europeus, os quais detinham relações socioeconômicas baseadas na exploração pela força ou através do escambo. A aglomeração populacional se fez inicialmente por causa da exploração do Pau-Brasil e mais tarde por conta da construção dos engenhos de cana-de-açúcar (CONDEPE/FIDEM, 2014).

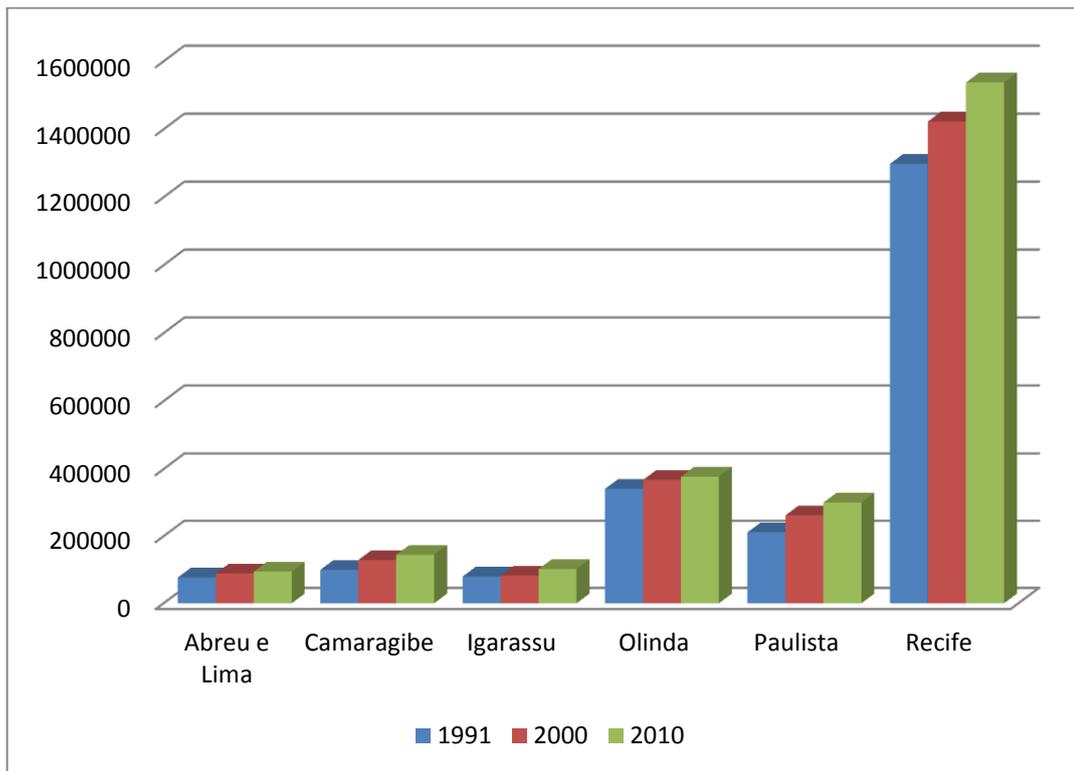
Atualmente os municípios inseridos na área pesquisada apresentam números demográficos semelhantes mesmo diante da conjuntura econômica individual direcionada para setores diferenciados da economia. O crescimento demográfico entre os anos de 1991, 2000 e 2010 (Tabela 3) mostra a ascendência gradual do número absoluto da população residente. Porém, ao visualizar o gráfico gerado a partir dessa Tabela 3, percebe-se uma leve ascensão nas duas primeiras décadas analisadas dos municípios de Camaragibe e Paulista. (Gráfico 1). Tais representações podem estar ligadas ao desenvolvimento perante às obras da Arena Pernambuco em relação à Copa para Camaragibe e para Paulista, o desenvolvimento fabril do municípios próximos, mas que não oferecem a estrutura agradável/estruturada para novos habitantes.

Tabela 3: Comparação entre os dados da evolução populacional entre 1991, 2000 e 2010

Evolução demográfica (1991, 2000 e 2010)			
Municípios	1991	2000	2010
Abreu e Lima	77035	89039	94429
Camaragibe	99407	128702	144466
Igarassu	79837	82277	102021
Olinda	341394	367902	377779
Paulista	211491	262237	300466
Recife	1.298.229	1422905	1.537.704

Fonte: Adaptado de IBGE²

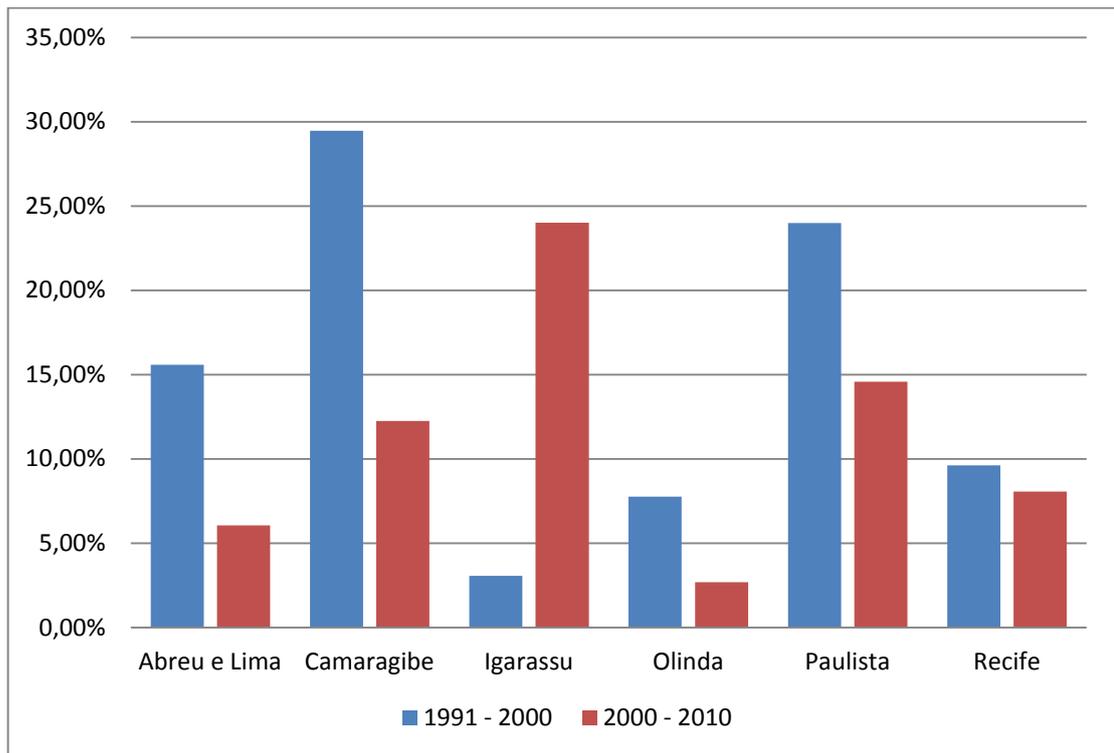
Gráfico 1: População absoluta dos municípios (1991, 2000 e 2010)



Fonte: Adaptado do IBGE²

Entretanto, ao analisar os dados da evolução demográfica através da porcentagem do crescimento (Quadro 2), é perceptível que houve uma desaceleração no crescimento em todos os municípios envolvidos na pesquisa entre 1991-2000 e 2000-2010, exceto em Igarassu. Este cenário pode ser compreendido devido a novos investimentos grandiosos do setor público e privado na porção norte do litoral e na Zona da Mata Norte do estado pernambucano. Por sinal, alguns desses investimentos no próprio município de Igarassu. Tais números sugerem que o desenvolvimento econômico respira novos ares, descentralizado o fluxo de capital para a porção sul do estado, onde se encontra o porto de Suape.

Gráfico 2: Taxas da evolução demográfica por município entre os anos de 1991-2000 e 2000-2010



Fonte: Adaptado do IBGE¹

Corroborando para este cenário, observa-se também que os locais onde o adensamento demográfico é menor o IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) também é mais baixo quando comparado às áreas de maior concentração demográfica, as quais possuem, gradativamente, IDM-M melhores devido à estrutura oferecida e a maior demanda de uso dos recursos por parte da própria população.

Portanto, a ocupação desordenada da população na RMR, assim como na área de estudo, demandou prejuízo para a paisagem, como retirada da camada vegetal nativa, a criação de aterros nos pontos de alagadiço, além da criação de patamares nas encostas dos morros e deliberado descarte do material retirado da encosta, promoveram, desde o período da colonização, alterações na paisagem que resultam em uma reorganização da dinâmica ambiental que merece ser investigada para ser mais bem compreendida em meio aos seus processos e os seus condicionantes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para os procedimentos metodológicos e os materiais selecionados para esta pesquisa fez-se uso de vários elementos que fornecessem resultados satisfatórios para elucidar os questionamentos apresentados anteriormente.

Nesta perspectiva, realizou-se um levantamento cartográfico da área e do seu perímetro através dos dados da SUDENE (Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste), no ZAPE (Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco) (SILVA *et al*, 2001) e no ZANE (Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil) (EMBRAPA, 2000). Em seguida, confeccionaram-se os mapas temáticos (geológico, pedológico, curvatura das encostas, uso e ocupação do solo e declividade) a fim de entender a fisiografia da área de interesse. Posteriormente, fora aplicado a metodologia do AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proposta por Saaty (2008), para a obtenção do mapa de suscetibilidade dos deslizamentos.

Mediante a escala da folha Paulista, de 1:25.000, que se enquadra em um mapeamento de detalhe (TRICART, 1963; DEMEK, 1967 *apud* ROSS, 2010; MERCERJAKOV, 1968; GERASIMOV, 1980 *apud* GUERRA; CUNHA, 2009; CHRISTOFOLETTI, 1999), realizou-se a ida a campo objetivando diagnosticar *in loco* as condições apresentadas pelo software ArcGIS 9.3 após a álgebra executada com os cinco mapas temáticos a partir dos pesos obtidos com o método de Saaty (2008). Com isso, fez uso do GPS Garmim Etrex Vista HCx para a marcação dos pontos 6 pontos visitados, além do perfil longitudinal da encosta com a Estação Total TS02 Leica.

Enquanto que em laboratório, trataram-se os dados obtidos na Estação Total, gerando os índices de declividade, os gráficos de curvatura e extensão para comparar com os resultados de riscos que foram encontrados no mapa inicial de suscetibilidade aos deslizamentos. Tal procedimento foi demandado, pois, o peso do mapa de declividade apresentou o maior valor (0,38), o que será explicado mais detalhadamente a seguir.

4.1 MATERIAL CARTOGRÁFICO

Os mapas foram gerados como suporte primordial da pesquisa, pois através deles foi possível compreender com maior riqueza de detalhes o ambiente investigado mediante as

informações visuais disponibilizadas e a comparação entre os produtos cartográficos entre si na interpretação dos aspectos que agravariam a suscetibilidade aos deslizamentos.

- Geológico

Fora confeccionado a partir do recorte da área investigada no ZAPE, que possibilitou o tratamento dos dados da *shape* e a edição cartográfica do layout seguindo as normas da CPRM (2003).

- Unidades geomorfológicas

Fez-se uso da proposta de mapeamento elaborada por Ross (2010), abrangendo até o 3º Taxon, inicialmente ajustando as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) para 30 metros e com a utilização das curvas de nível da folha Paulista (1:25.000) da Sudene (1985), objetivando o realce das morfoestruturas. Tais procedimentos foram executados no *software* ArcGIS 9.3, associando o resultado com as imagens do satélite Google.

Culminando o mapeamento com as técnicas de fotoleitura (reconhecimento e identificação dos elementos), fotoanálise (análise da textura e estrutura da imagem de satélite, selecionando os locais semelhantes e seus limites quanto à forma de relevo) e fotointerpretação (classificando geomorfologicamente os locais a partir da reunião das duas técnicas anteriores).

- Pedológico

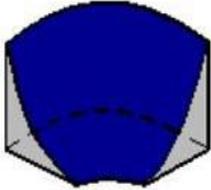
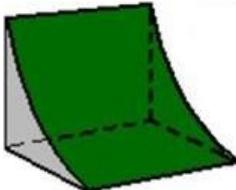
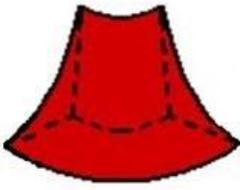
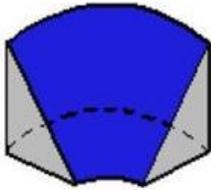
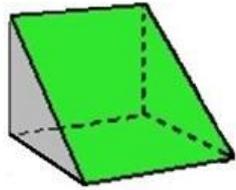
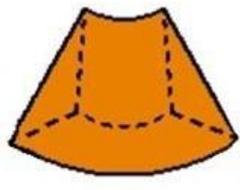
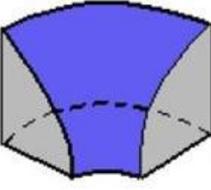
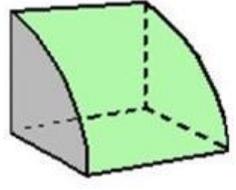
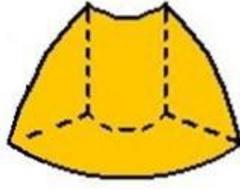
Fora extraído a partir de um recorte do ZAPE, que propiciou o tratamento dos dados e o enquadramento de sua cor na classificação proposta pelo EMBRAPA (2006). Contudo, na classificação de Solos de Mangue, encontrada no ZAPE, não é validada pela Embrapa, tão pouco pelo IBGE (2007). Com isso, este trabalho segue as orientações Prada-Gamero *et al.* (2004) e Jacomine (2009).

- Curvatura da encosta

Houve a confecção do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido através dos dados altimétricos extraídos da carta da SUDENE (1985) em escala de 1:25.000 utilizando o

software ArcGIS 9.3 onde foi possível gerar a curvatura horizontal e vertical das vertentes. A classificação se deu a partir do Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies (TORRES, 2014) (Figura 23).

Figura 23: Tipos de curvatura da encosta

		Curvatura Horizontal		
		Convergente	Planar	Divergente
Curvatura Vertical	Côncava			
	Retilínea			
	Convexa			

Fonte: Torres (2014, p. 82) adaptado de Dikau (1990)

- Uso e Ocupação do Solo

Para a estruturação do projeto cartográfico do uso e ocupação do solo, utilizou-se a Folha Paulista (1:25.00) da SUDENE (1985) e as imagens de satélite do Google. Contudo, mesmo o IBGE (2013) oferecendo uma classificação para o mapeamento de detalhe chegando até o terceiro nível de subclassificação, muitas das subdivisões do terceiro nível, até mesmo do segundo, não tinham relevância para a pesquisa ou não se fizeram presentes na área, culminando em uma edição direcionada ao objetivo central dessa investigação científica e resultando em uma adaptação da classificação original (Quadro 9).

Quadro 9: Classificação do Uso e Ocupação da terra

Nível I Classe	Nível II Subclasse
1 - Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1.1 Área Urbana
2 – Áreas Antrópicas Agrícolas	2.1 Lavoura Temporária
	2.2 Lavoura Permanente
	2.3 Pastagem
	2.4 Uso não Identificado
3 - Áreas de Vegetação Natural	3.1 Área Florestal
4 - Água	4.1 Águas Continentais
5 – Outras Áreas	5.1 Área Descoberta (solo exposto)

Fonte: Adaptado do IBGE (2013)

- Declividade

Trata-se de uma variante de grande relevância na topografia, pois expressa a inclinação de uma encosta em relação a um plano horizontal ou a relação entre a altura da encosta e a sua projeção horizontal, podendo ser medida em graus ou em porcentagens (neste caso, com valores que podem ser superiores a 100%). Castro *et al* (2003) definiram o índice de declividade através da relação percentual entre o desnível vertical “H” e o componente horizontal “L” da encosta de acordo com a fórmula:

$$D = H/L \times 100$$

Diante das várias classificações de declividades observadas na literatura, este trabalho terá como padrão as indicações do IPT (2002) podendo ser observada abaixo (Quadro 10).

Quadro 10: Classes de declividade

Declividade	IPT
Plana	0 – 3°
Muito fraca	3 – 7°
Fraca	7 – 11°
Média	11 – 17°
Forte	17 – 27°
Muito forte	> 27°

Fonte: IPT (2002)

- Bloco diagrama

Para que houvesse uma melhor visualização das encostas investigadas, fez-se o manuseio da imagem em formato TIFF (Tagged Image File Format), da área da folha Paulista de 1:25.000, no software MicroDem 10.0, a partir da ferramenta Oblique, para gerar o bloco diagrama de cada ponto analisado. Porém, para obter a perspectiva em três dimensões, fez-se uso de dois métodos: 1 – a ferramenta reflectance, representando a morfologia da encosta por um gradiente de cores; 2 – com a ferramenta Fishnet houve uma valorização das formas a partir de uma malha quadriculada.

4.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE PROCESSOS HIERÁRQUICOS (AHP)

A tomada de decisão que envolve vários aspectos que possuem características complexas capazes de interferir no resultado final, devem ser avaliadas em minúcias, entendendo os seus pesos, almejando uma melhor compreensão de todos os elementos envolvidos para obter a melhor conclusão quanto ao fenômeno final.

Saaty, em 1977, cria um modelo que proporciona a tomada de decisão a partir de uma análise par a par, conhecida como AHP (Analytic Hierarchy Process) (TORRES, 2014). Esta metodologia resulta em pesos distintos entre os critérios comparados permitindo uma álgebra entre os envolvidos. Nesta pesquisa, os critérios (C_n) propostos por Saaty (2008) foram os mapas temáticos (geológico, pedológico, curvatura, uso e ocupação da terra e declividade). Porém, para a obtenção de um mapa de suscetibilidade em três níveis de suscetibilidade aos

deslizamentos, fez-se necessário primeiramente classificar os atributos dos mapas no ArcGIS 9.3 em uma coluna de “peso” que resultaria nos níveis de suscetibilidade para cada atributo, distribuídos em 1 = baixo, 2 = médio e 3 = alto.

Abaixo seguem os quadros apresentando os pesos por atributos em relação aos mapas geológico (Quadro 11), pedológico (Quadro 12), curvatura da encosta (Quadro 13), uso e ocupação da terra (Quadro 14) e o de declividade (Quadro 15), a partir da proposta de Torres (2014).

Quadro 11: Classificação dos riscos por unidade geológica

Unidade Geológica	Peso
Formação Beberibe	3
Formação Gramame	3
Formação Barreiras	2
Sedimentos holocênicos aluvionares	1

Fonte: Autor

Quadro 12: Classificação dos riscos por unidade de solo

Unidades de mapeamento de solos	Peso
Argissolo	3
Solo de Mangue	3
Latossolo Amarelo	2
Gleissolos	2
Espodossolos	1
Área urbana	1

Fonte: Autor

Quadro 13: Classificação dos riscos por tipo de curvatura da encosta

Vertical x Horizontal	Peso
Côncava/Convergente	3
Retilínea/Convergente	3
Côncava/Planar	3
Convexa/Convergente	2
Côncava/Divergente	2
Convexa/Divergente	2
Convexa/Planar	1
Retilínea/Planar	1
Retilínea/Divergente	1

Fonte: Autor

Quadro 14: Classificação dos riscos por tipo de uso e ocupação da terra

Nível I Classe	Nível II Subclasse	Peso
Áreas antrópicas não agrícolas	Área urbana	3
Áreas antrópicas agrícolas	Lavoura temporária	2
	Lavoura permanente	1
	Pastagem	1
	Uso não identificado	1
Áreas de vegetação natural	Área Florestal	1
Água	Águas continentais	1
Outras Áreas	Área descoberta (solo exposto)	3

Fonte: Autor

Quadro 15: Classificação dos riscos por níveis de declividade

Níveis de declividade	Peso
0° - 7°	1
7° - 11°	1
11° - 17°	2
17° - 27°	2
27° - 45°	3
> 45°	3

Fonte: Autor

Além dos critérios elencados anteriormente, buscou-se inserir o mapa de orientação das vertentes e o de direção dos ventos, o que não obteve êxito. Porque para atingir o índice de consistência (IC) necessário para a validação da matriz, esta exigia alterações em alguns pares que contradizia as condições teóricas que o trabalho estava alicerçado. Perante tal problemática técnica, prezou-se pela coerência conceitual, vislumbrando resultados mais próximos da realidade e optou-se por não agregar os referidos critérios.

Após a classificação dos atributos de cada mapa temático ou critério, como define Saaty (2008), confeccionou-se uma matriz quadrada, para que comparar os critérios (mapas temáticos) aos pares de acordo com modelo abaixo (Quadro 16):

Quadro 16: Matriz quadra dos critérios

Critérios	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅
C₁	1	$C_{21}=1/C_{12}$	$C_{31}=1/C_{13}$	$C_{41}=1/C_{14}$	$C_{51}=1/C_{15}$
C₂	C_{12}	1	$C_{32}=1/C_{23}$	$C_{42}=1/C_{24}$	$C_{52}=1/C_{25}$
C₃	C_{13}	C_{23}	1	$C_{43}=1/C_{34}$	$C_{53}=1/C_{35}$
C₄	C_{14}	C_{24}	C_{34}	1	$C_{54}=1/C_{45}$
C₅	C_{15}	C_{25}	C_{35}	C_{45}	1

Fonte: Torres (2014)

O índice comparativo entre os critérios se dá com a avaliação de importância ou relevância que um critério possui em relação ao outro transitando entre o nível 1, retratando a irrelevância absoluta, até o 9, perfazendo a grande importância (Quadro 17).

Quadro 17: Níveis de intensidade de importância

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Os critérios apresentam o mesmo grau de importância
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento beneficiam de maneira moderada uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento beneficiam fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um critério é fortemente favorecido em relação ao outro. Ocorre uma dominação na prática
9	Importância absoluta	Ocorre o mais alto grau de certeza de um critério sobre o outro
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os adjacentes	Nível intermediário entre dois valores

Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

Nesta pesquisa, a relação comparativa entre os critérios (mapas temáticos) e o grau de influência entre eles foi encontrada a partir da equação aritmética envolvendo o quantitativo dos subcritérios encontrados em cada mapa temático e a classificação destes quanto ao nível de suscetibilidade.

Após a confecção da matriz quadrada de correlação aos pares, a partir dos níveis de intensidade de importância, faz-se necessário criar a matriz de normalização das comparações efetuadas na matriz anterior. Tal procedimento é necessário para encontrar o peso de cada

critério (mapa temático). Para tal, basta dividir o valor de importância encontrado na matriz de correlação pelo somatório da coluna, ao qual pertence, e, em seguida, basta realizar o somatório da linha do critério da tabela de normalização, dividindo-a pelo número de critérios pré-selecionados para encontrar o peso de cada critério, representado por W_i (Quadro 18).

Quadro 18: Matriz de normalização

Critérios	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	Wi
C_1	$1 / \sum Col_1$	$C_{21} / \sum Col_2$	$C_{31} / \sum Col_3$	$C_{41} / \sum Col_4$	$C_{51} / \sum Col_5$	$\sum L_1 / 5$
C_2	$C_{12} / \sum Col_1$	$1 / \sum Col_2$	$C_{32} / \sum Col_3$	$C_{42} / \sum Col_4$	$C_{52} / \sum Col_5$	$\sum L_2 / 5$
C_3	$C_{13} / \sum Col_1$	$C_{23} / \sum Col_2$	$1 / \sum Col_3$	$C_{43} / \sum Col_4$	$C_{53} / \sum Col_5$	$\sum L_3 / 5$
C_4	$C_{14} / \sum Col_1$	$C_{24} / \sum Col_2$	$C_{34} / \sum Col_3$	$1 / \sum Col_4$	$C_{54} / \sum Col_5$	$\sum L_4 / 5$
C_5	$C_{15} / \sum Col_1$	$C_{25} / \sum Col_2$	$C_{35} / \sum Col_3$	$C_{45} / \sum Col_4$	$1 / \sum Col_5$	$\sum L_5 / 5$

Fonte: Autor

Contudo, o resultado encontrado deve passar por uma análise objetivando verificar a razão de consistência (RC), que é obtida pela divisão do índice de consistência (IC) e o índice randômico (IR).

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Onde,

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$$

Sendo,

λ_{\max} = média das medidas de consistência calculadas inicialmente

n = número de alternativas comparadas

enquanto,

RI = Random Index (índice de correção correspondente, também chamado de índice de consistência aleatória ou Índice Randômico) (Quadro 19).

Quadro 19: Valores do RI correspondente ao número de critérios utilizados na matriz

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,53	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

Fonte: Adaptado de Saaty (1995 apud MORAES; SANTALIESTRA, 2007)

Os pesos dos critérios (W_i) encontrados a partir da matriz quadrada inicial só poderão ser aceitos se a razão de consistência (RC) for igual ou inferior a 0,10. Pois, em valores superiores, a matriz se torna inconsistente, carecendo de uma reavaliação dos critérios entre si (SAATY, 2008). Porém, quando a razão de consistência estiver dentro do padrão estabelecido, a álgebra dos mapas poderá ser processada em normalidade.

Logo, a equalização da suscetibilidade final estará segregada em três níveis articulados da seguinte forma: 1 = Baixo (variando entre 1 a 1,67); 2 = Médio (variando de 1,68 a 2,34) e 3 = Alto (variando de 2,35 a 3,0). Pois ao somar o peso inicial de cada critério a álgebra resulta em 1 (um), inexoravelmente. Assim, a variação ocorre entre 1 e 3, obtendo um intervalo de 2 (dois) para três níveis de suscetibilidade, resultando no parâmetro de 0,6667 por nível de suscetibilidade a partir de um. Porém, arredondou-se o numeral para 0,67.

4.3 MAPA DE SUSCETIBILIDADE AOS DESLIZAMENTOS

A classificação relacionada aos movimentos de massa neste trabalho dará prioridade aos escorregamentos rotacionais, haja vista a disposição, do campo de estudo, fornecer situações de suscetibilidade para este tipo de evento (SHARPE, 1938; VARNES, 1958, 1978; HUTCHINSON, 1988; SASSA, 1989 apud FERNANDES; AMARAL, 2009). Porém, o trabalho utilizará uma nomenclatura simplificada reproduzida por Fernandes e Amaral (2009), acrescida das considerações propostas pelo *Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife*, desenvolvido pela Fundação de Desenvolvimento Municipal de Pernambuco (FIDEM, 2003), assim como Girão (2007a), que entendem este tipo de movimento gravitacional de massa como deslizamentos.

Diante disso, realizou-se a álgebra no ArcGIS 9.3 e a primeira visualização do mapa de suscetibilidade permitiu inferir a priori da relevância do critério declividade no resultado final. Para confirmar a percepção do modelo, fez-se investidas a campo, atribuindo os preceitos abaixo:

- Visitar ao menos dois pontos de cada nível de suscetibilidade. Ou seja, dois de nível baixo, dois de nível médio e dois de nível alto;
- Como a área abarca ambientes urbanizados e outros que se equivalem a rural, buscar ao menos 1 ponto de cada em relação aos níveis de suscetibilidade.

Culminando em (Quadro 20):

Quadro 20: Identificação dos pontos de análise por nível de suscetibilidade

Nível de Suscetibilidade	Categoria
1	Urbano
	Periurbano
2	Urbano
	Periurbano
3	Urbano
	Periurbano

Fonte: Autor

O termo urbano e periurbano estão balizados pela compreensão de Machado e Machado (2002), onde os espaços tomados pelo fluxo de capital mediante as transações econômicas da atualidade e do fluxo diário pertinente a dinâmica de uma cidade. Enquanto que o periurbano se peculiariza perante a sua localização. Pois, deve estar próximo à cidade, porém a distância varia entre 10 e 90 km. Este intervalo é variante porque está condicionado ao nível de progresso (desenvolvimento) do centro que está atrelado. Estas nuances são percebidas perante infraestrutura das estradas e o valor do transporte.

A inserção desse critério investigativo foi demandado, pois, a área em questão se apresenta segregada, quase que de forma taxativa, entre a porção leste e a oeste. A primeira condensando o ambiente urbano e a segunda o perímetro. Este, abarcando as áreas mais vegetadas e as lavouras.

4.4 CAMPO

Após a classificação dos critérios e com o mapa de suscetibilidade da área foram definidos os pontos de análises, selecionados a partir do condicionante paisagístico que oferecesse uma área relativamente aberta que permitisse o manuseio da Estação Total, o qual depende de uma área aberta para a coleta dos dados. Logo, fez a seleção através do mapa de suscetibilidade e a viabilidade da coleta local a partir das imagens de satélite do Google

A proposta inicial seria também coletar os sedimentos das encostas objetivando realizar a morfoscopia e granulometria e construir dados que ajudassem a compreender microscopicamente a morfodinâmica do ponto. Entretanto, por causa dos pontos em ambientes urbanos, que impossibilitou a coleta, ora por estar completamente asfaltado, ora por apresentar sedimento antropogênico, não foi possível gerar este dado. Devido a esta impossibilidade técnica, a análise pedológica ocorreu com os dados do mapeamento de Silva (*et al*, 2001), com as respectivas considerações técnicas da Embrapa (2006).

Quanto aos aspectos geológicos, encontraram-se as mesmas condições apresentadas nos critérios pedológicos. Desta forma, fez-se uso do mapeamento de Silva (*et al*, 2001), utilizando as análises da CPRM (2003).

O campo foi norteado por uma ficha (APÊNDICE) com informações prévias de cada ponto a ser visitado. Nela encontra-se a identificação numérica (optou-se também por identificar cada ponto por uma nomenclatura associativa ao local), o nível de suscetibilidade (baixo, médio e alto), a classificação quanto tipo de uso (urbano ou periurbano), o endereço, classificação pedológica e geológica, a localização em UTM (Universal Transversa de Mercator), Altura da Estação Total e da haste, além das medições horizontais e verticais em metros para a confecção do perfil da encosta.

Quanto aos resultados obtidos na aferição das distâncias horizontais e verticais, houve a necessidade de rotacionar em 180° a mira da Estação Total, por causa do posicionamento do equipamento. Logo, na ficha de campo, quando aparecer “inversão”, trata-se deste deslocamento. Caso não haja a ocorrência, trata-se de um ponto que a aferição apresentou um lineamento contínuo.

Em seguida, houve o tratamento dos dados extraídos da Estação Total, gerando o índice de declividade, percepção da curvatura das encostas, culminando em tabelas e gráficos, além da inserção dos pontos analisados no mapa de suscetibilidade.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

A análise dos dados investigados se dará inicialmente pelos mapas de suscetibilidade a deslizamentos dos critérios selecionados individualmente. Em sequência, a relação de importância entre os critérios e a obtenção dos pesos a partir da AHP. E finalmente a interpretação dos dados coletados *in loco* dos pontos reservados para a investigação e certificação dos resultados extraídos da AHP.

5.1 SUSCETIBILIDADE AOS DESLIZAMENTOS POR CRITÉRIOS

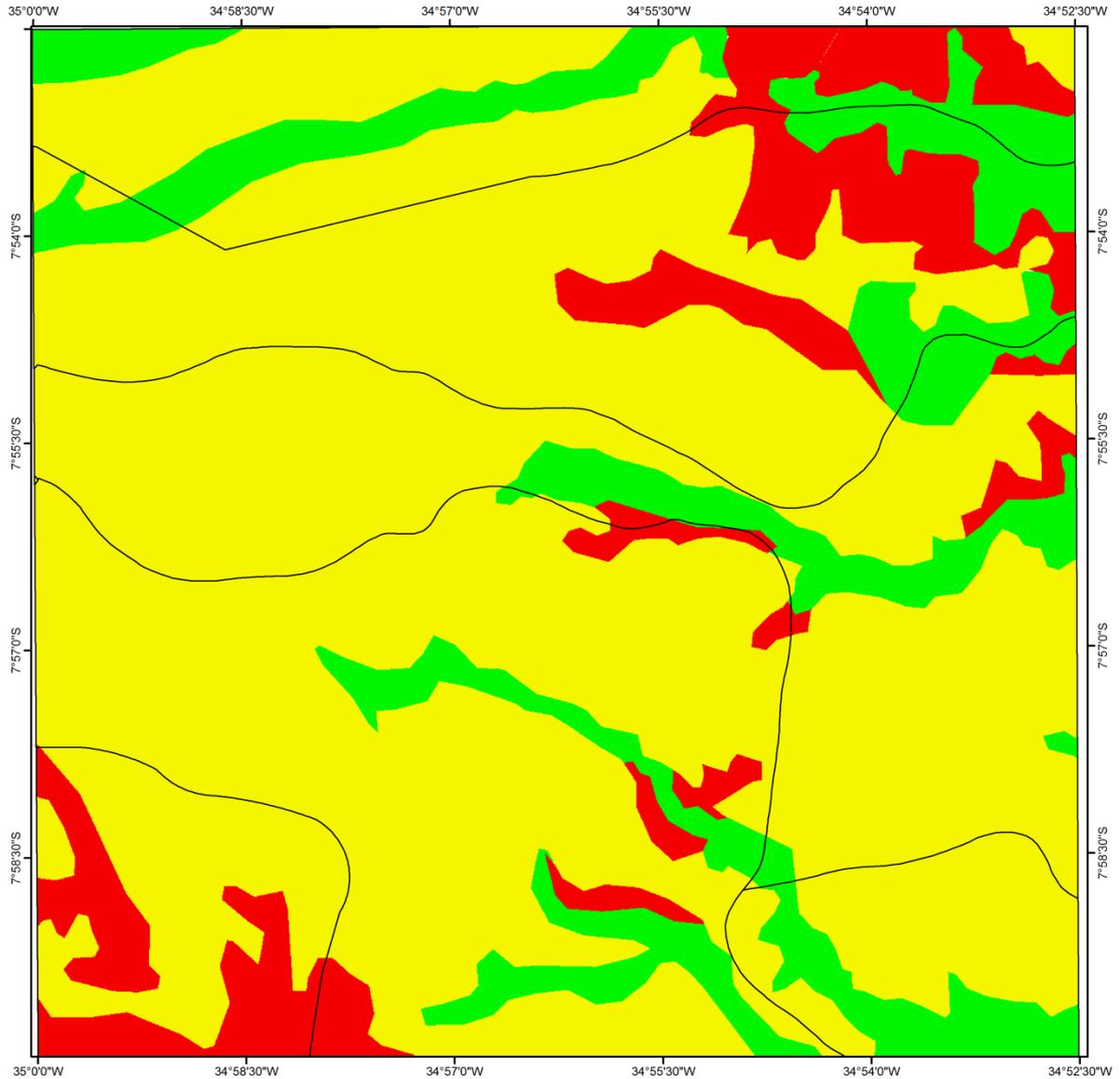
Para promover o mapa de suscetibilidade utilizando metodologia da AHP foi preciso desenvolver os mapas dos critérios e estabelecer, a partir da legenda de cada mapa-critério, os pesos referentes à suscetibilidade aos deslizamentos.

5.1.1 Critério geológico

Para as Formações geológicas (Formações Beberibe, Gramame, Barreiras e Sedimentos recentes), a partir do quadro de suscetibilidade elaborado (Quadro 11), culminou-se no mapa a seguir (Figura 24).

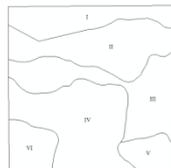
Observa-se que a alta suscetibilidade aos deslizamentos quanto aos aspectos geológicos se concentra majoritariamente nas porções nordeste e sudoeste. Apesar de surgirem alguns pontos isolados de alta suscetibilidade na parte centro-sul da área. Este nível de suscetibilidade abarca 11,54% da área a qual corresponde às Formações Beberibe e Gramame. Porém, ao analisar a imagem fica visível a amplitude da suscetibilidade mediana, compreendendo ao 73,45% que está relacionada à Formação Barreiras, enquanto que para o primeiro nível se reserva apenas 15,01% estando relacionado aos sedimentos recentes.

Figura 24: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério geológico

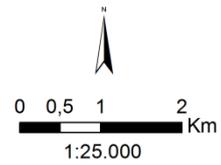


Legenda

Nível de Suscetibilidade	Atributos
1 (Baixo)	Sedimentos Holocênicos Aluvionares
2 (Médio)	Formação Barreiras
3 (Alto)	Formação Gramame Formação Beberibe



I - Igarassu
II - Abreu e Lima
III - Paulista
IV - Recife
V - Olinda
VI - Camaragibe



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

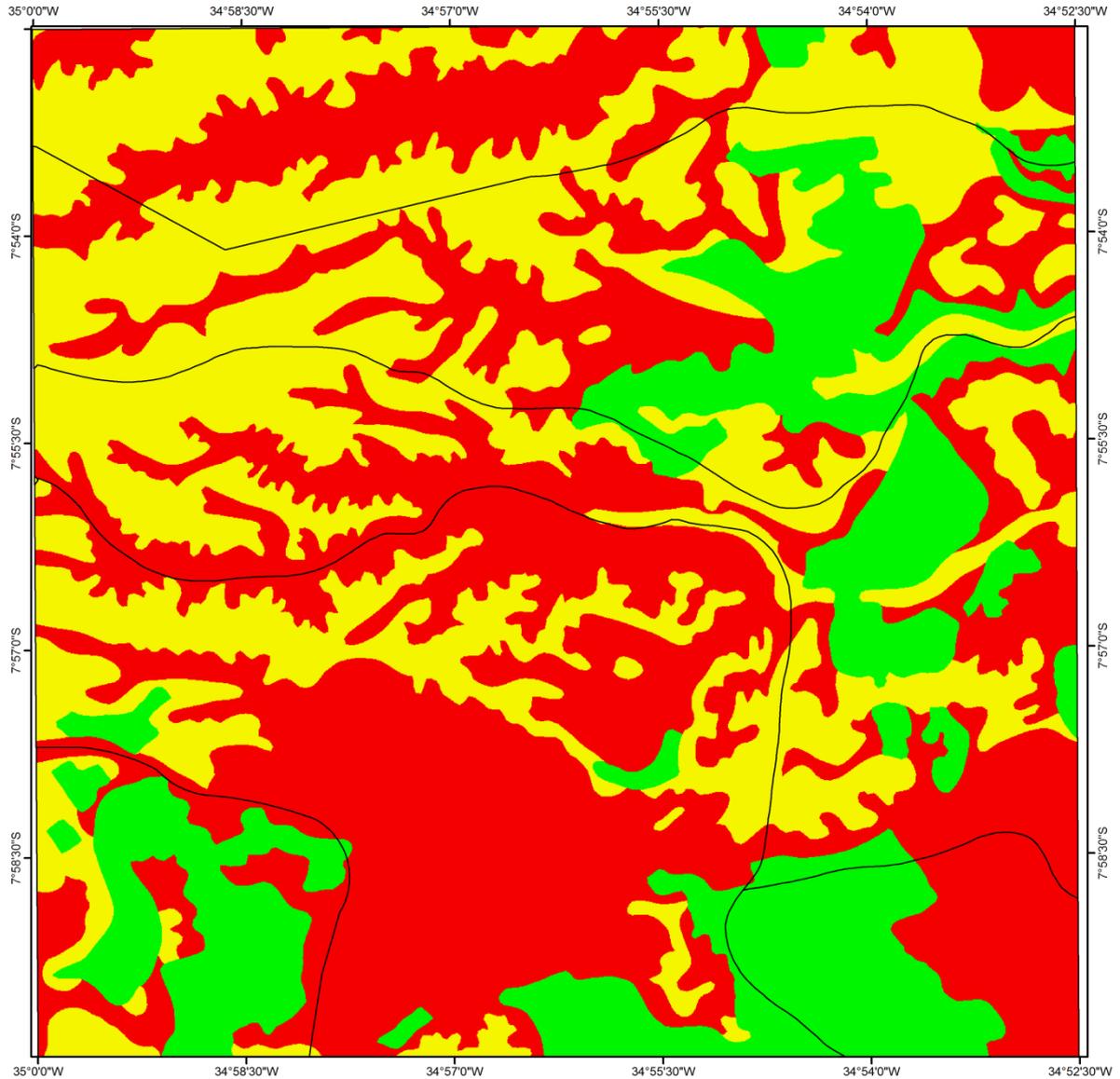
Fonte: Autor

5.1.2 Critério pedológico

Perante as unidades de solo (Argissolo, Solo de Manguê, Latossolo Amarelo, Gleissolo, Espodossolos, Área Urbana) e as suas classificações estabelecidas (Quadro 12), obteve-se a seguinte proporção de suscetibilidade (Figura 25):

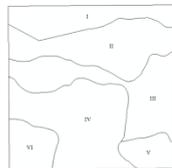
É evidente a maior porção da suscetibilidade está enquadrada no nível mais crítico, compreendendo a 45,17% da área total. Esta porção significativa corresponde ao Argissolo, contribuindo pela sua composição mais argilosa e por vezes apresentando o horizonte B textural (Bt) e favorecendo ao deslizamento, assim como o Solo de Manguê (EMBRAPA, 2006), por se apresentar bastante maleável, instável na sua geodinâmica. Todavia, esta representatividade aos deslizamentos não faz referência aos solos de Manguê por se encontrarem em áreas majoritariamente planas. Com 35,89% aparece o nível mediano de suscetibilidade, representado pelos Latossolos Amarelos, sendo estáveis e com uma boa permeabilidade, e os Geissolos, por serem hidromórficos (EMBRAPA, 2006). Na sequência surge o nível de menor potencial aos deslizamentos, quando à categoria dos solos, na figura dos Espodossolos, estes caracterizados pela proeminência arenosa e acúmulo de material orgânico abaixo horizonte O e elevada permeabilidade (EMBRAPA, 2006), o que favorece a translocação hídrica e a área urbana compreendendo aos 18,94% restantes.

Figura 25: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério pedológico

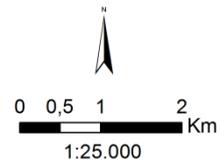


Legenda

Nível de Suscetibilidade	Atributos
1 (Baixo)	Espodosolos Área Urbana
2 (Médio)	Latossolo Amarelo Gleissolo
3 (Alto)	Argissolo Solo de Mangue



- I - Igarassu
- II - Abreu e Lima
- III - Paulista
- IV - Recife
- V - Olinda
- VI - Camaragibe



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
 Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
 Acrecidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Autor

5.1.3 Critério de curvatura da encosta

A partir das classificações estabelecidas diante dos tipos de curvatura da encosta quanto ao nível de suscetibilidade, já demonstrado (Quadro 13), obteve-se o seguinte resultado (Figura 26):

É notória a proeminência espacial da suscetibilidade de baixo grau, representando 82,16% da área. Esse resultado se justifica por causa da vasta área de planície presente a leste, nordeste, oeste-noroeste, como também de forma dispersa pela área, a ocorrência dos tabuleiros pouco dissecados e dissecados.

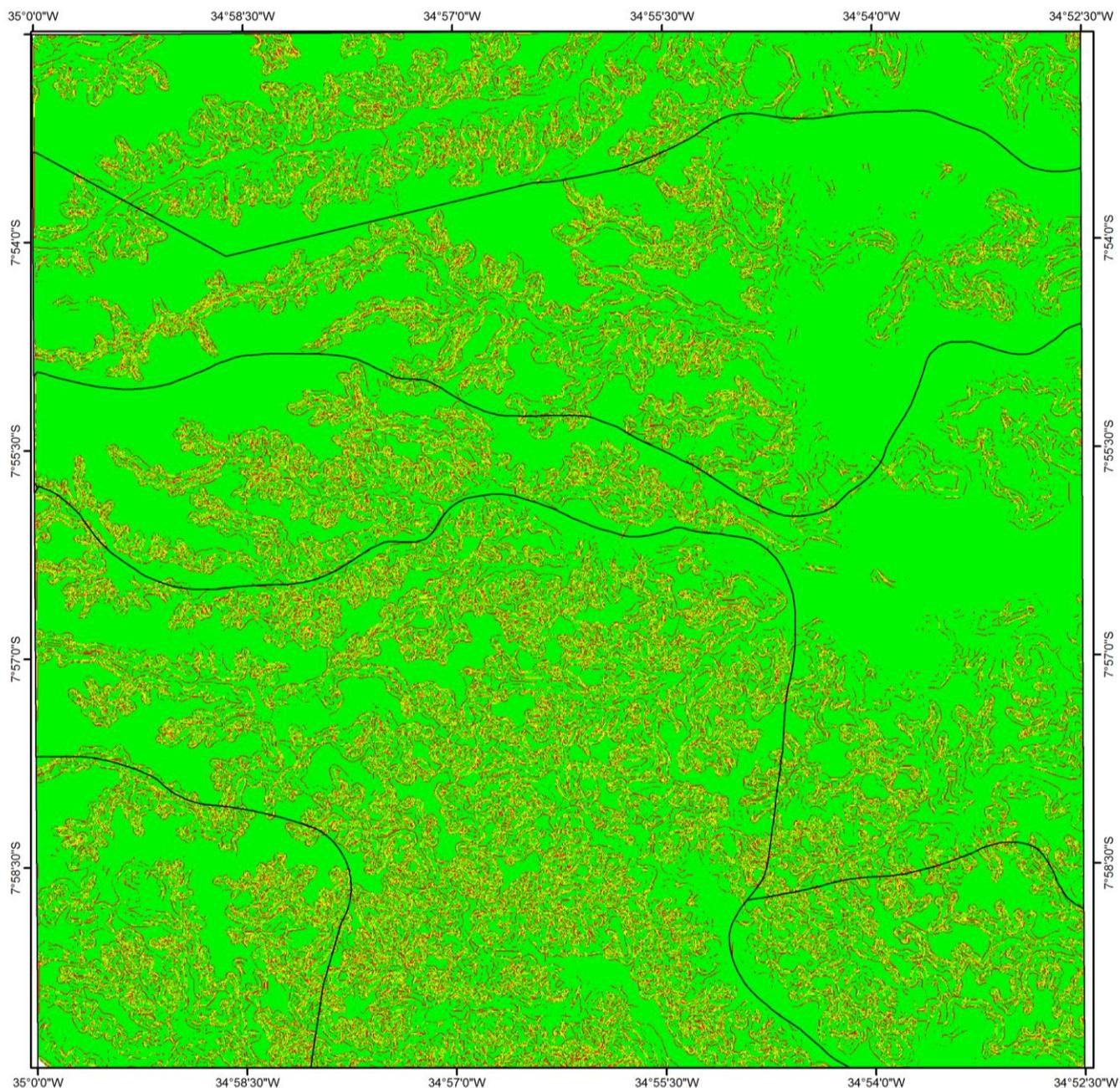
Este nível de suscetibilidade representa as encostas convexa-planar, retilínea-planar e retilínea-divergente, porque não apresenta uma geometria que amplifica a dispersão do fluxo hídrico.

No segundo patamar hierárquico, quanto à espacialidade, surge a suscetibilidade de maior nível, correspondendo a 9,42% do terreno. Este fica a cargo das encostas côncava-convergente, retilínea-convergente e côncava-planar, pois possuem como características hidrodinâmicas concentrarem o fluxo, quanto ao escoamento superficial (CHORLEY *et al*, 1984).

O nível de suscetibilidade mediano (médio) aparece em 8,42 % da área, relacionando-se com as encostas convexa-convergente, côncava-divergente e convexa divergente. Estas dissipam o fluxo hídrico ao longo da encosta de modo equilibrado (CHORLEY *et al*, 1984).

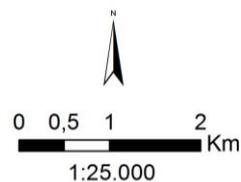
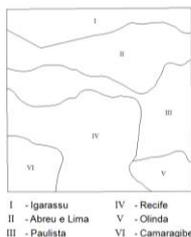
Contudo, é provável que o ArcGIS tenha interpretado que as categorias inseridas no grupo de nível baixo, por apresentarem um nível de curvatura horizontal x vertical com baixa amplitude, tenham sido categorizadas de maneira mais relevante. Justificando a porcentagem superior dessa categoria de baixa suscetibilidade.

Perante tal especificidade encontrada no geoprocessamento, motivou-se uma análise ainda mais detalhada promovendo investidas a campo objetivando esclarecer tal demanda. Tais resultados serão expostos *a posteriori*.



Legenda

Nível de Suscetibilidade	Atributos
1 (Baixo)	Convexa/Planar Retilínea/Planar Retilínea/Divergente
2 (Médio)	Convexa/Convergente Côncava/Divergente Convexa/Divergente
3 (Alto)	Côncava/Convergente Retilínea/Convergente Côncava/Planar



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
 Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
 Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Figura 26: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério de curvatura da encosta

Fonte: Autor

5.1.4 Critério do tipo de uso da terra

Para as atribuições acerca da suscetibilidade para o tipo de ocupação e uso do espaço investigado utilizou-se a tabela 14, já apresentada anteriormente, e após a classificação dos níveis de suscetibilidade em relação aos tipos de uso, resultou em (Figura 27):

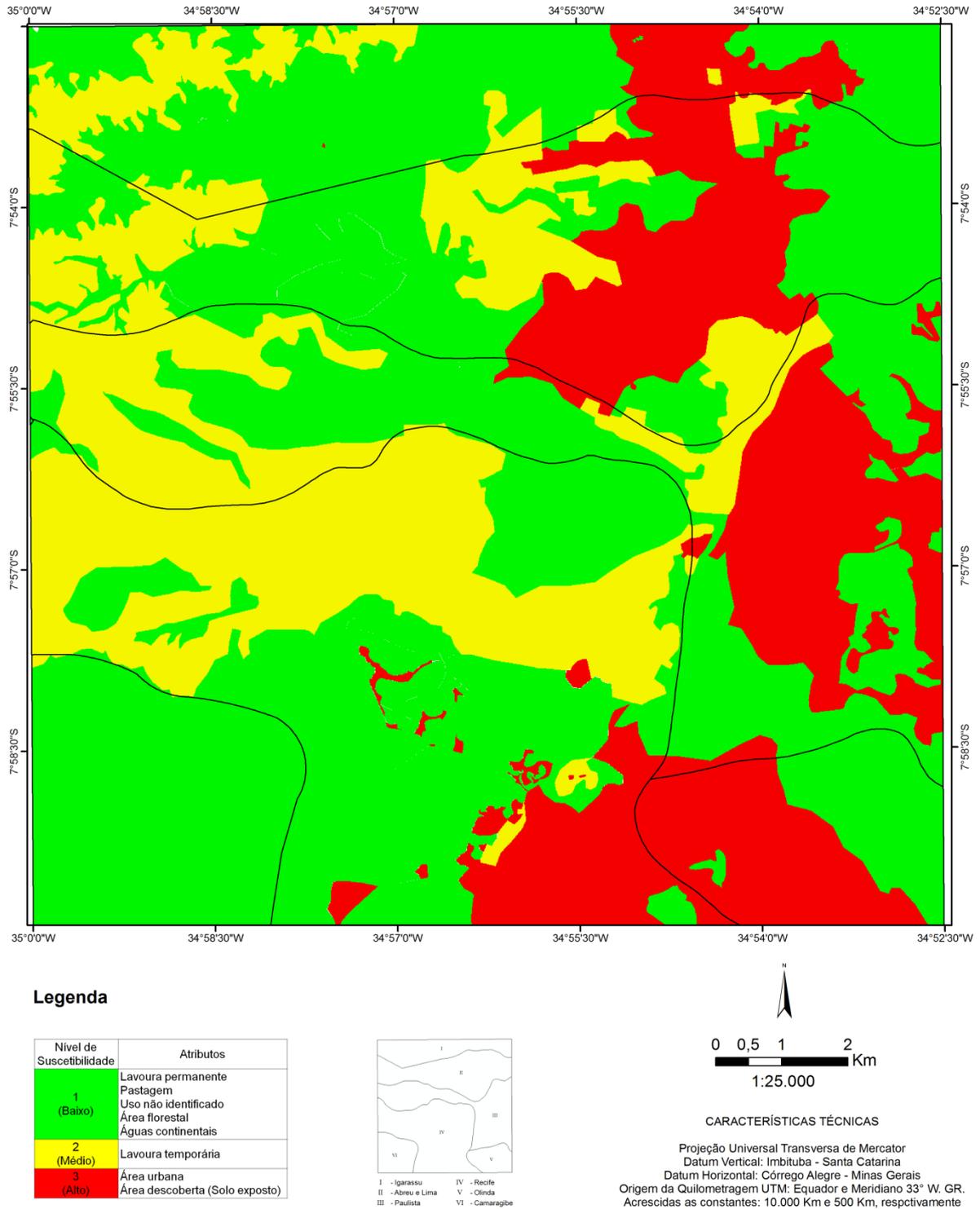
Ao analisar a relação entre a área ocupada por cada nível de suscetibilidade e os elementos envolvidos na categoria percebe-se que o nível mais baixo ocupa 54,31% da área. Este representa as lavouras permanentes e as pastagens em relação aos espaços, de um modo geral, antrópicos agrícolas.

Porém, ainda se insere nesta categoria os espaços de uso não identificado. Este ainda compreendendo as áreas antrópicas agrícolas. Ainda na classificação de nível baixo de suscetibilidade, visualizam-se as áreas de vegetação natural, exemplificado pelas áreas florestais, e as águas, no tocante da porção continental, visto que a área de estudo não abarca nenhuma porção oceânica ou de mares.

Os níveis medianos de suscetibilidade foram representados por 24,43% da área total, estando estes ligados apenas as lavouras temporárias. Tais porções receberam tal classificação por causa da rotatividade da cultura que propicia a retirada da cobertura vegetal de forma cíclica. O que, em um primeiro momento, reduz a capacidade hídrica de infiltração e aumenta o escoamento superficial. Contudo, dependendo da declividade – estando abaixo de 7° – promove um ambiente de elevada infiltração, quando não vegetado. Ao passo que em ambiente vegetado, esta atua retardando a infiltração, fornecendo mais tempo para que a água infiltrada percole pelos horizontes e não sature o solo rapidamente.

Para a suscetibilidade de nível elevado ocupou 21,26% da área restante, sendo esta representada pela área urbana, dentro da classe da área antrópica não agrícola, e as áreas descobertas (solo exposto), inserida na categoria de uso denominada de outras áreas. No âmbito desta última, ocorre uma elevação da suscetibilidade devido ao fenômeno apresentado no parágrafo anterior. Visto que, nos ambiente sem a vegetação, o solo se comporta absorvendo rapidamente a água, culminando na saturação mais rápida e aumentando a possibilidade do deslizamento.

Figura 27: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério de uso e ocupação do solo



Fonte: Autor

Quanto às áreas urbanas se tem algumas inferências interessantes, pois na condição de urbanização parcial ou inicial, onde a vegetação esta sendo retirada veementemente, o solo passa ficar exposto, somado aos cortes de encosta, modificando a morfodinâmica local e

promovendo um impacto ambiental negativo demandando um reajuste ambiental ou compensação ambiental.

Enquanto que para as áreas que o advento da urbanização já tenha atingido o seu ápice, ocorre uma estabilização pontual dos deslizamentos, visto que o fenômeno da infiltração é extremamente reduzido perante massificação do asfalto em detrimento da pedogênese. Porém, esta dinâmica antropogênica que eleva o índice de escoamento hídrico agrava os alagamentos e enchentes, por acelerar o fluxo hídrico para a calha dos rios e canais.

5.1.5 Critério da declividade

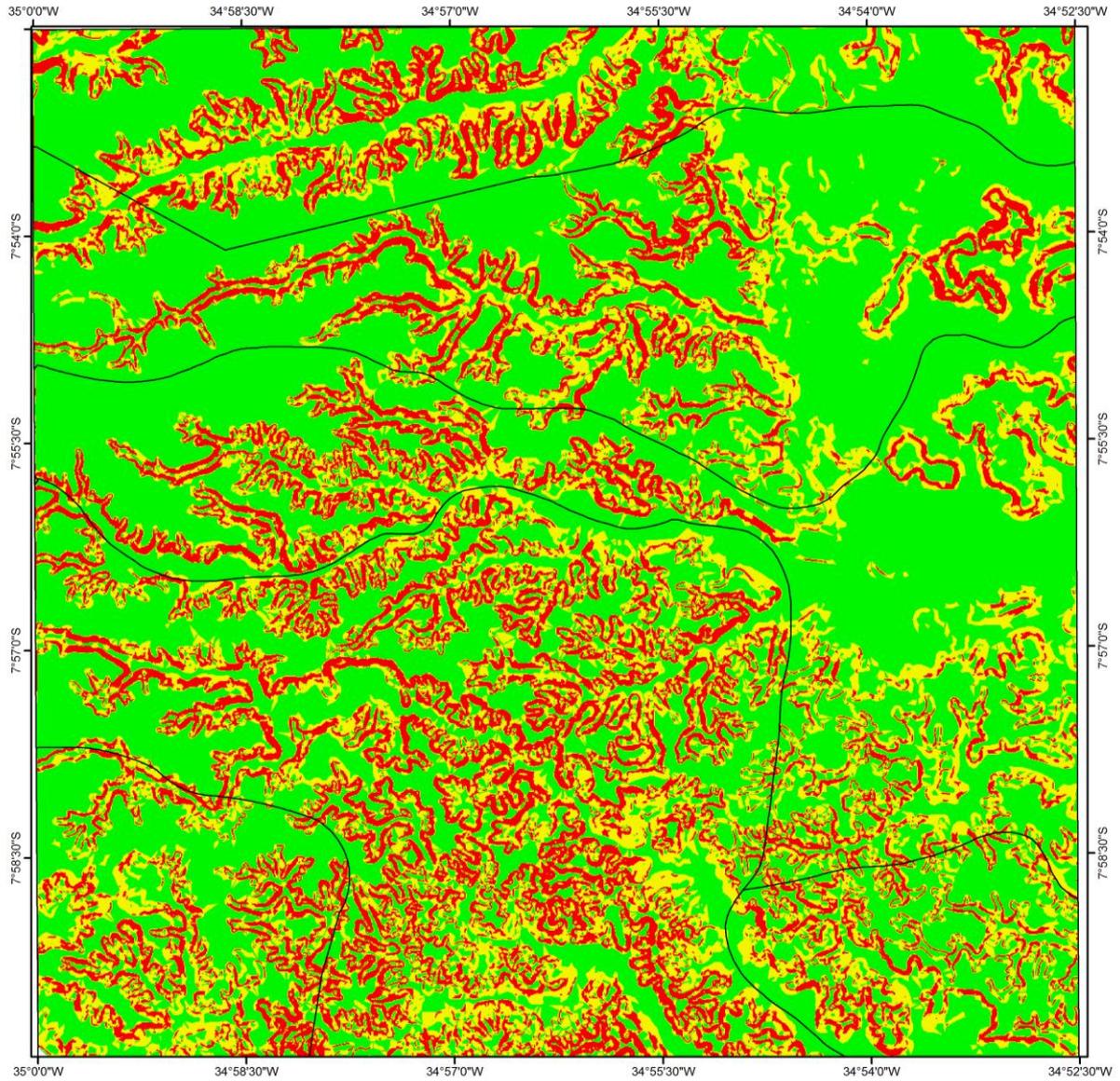
O último critério, porém não menos importante, ficou a cargo da declividade, que após a associação quanto aos níveis de suscetibilidade (Tabela 15), resultou na seguinte espacialização (Figura 28):

Por está relacionado aos deslizamentos, este trabalho enfatizou as declividades maiores para compor as categorias que oferecessem mais suscetibilidade para este tipo de movimento de massa. Assim como o critério de curvatura da encosta, no tocante dos reservados ao nível inferior de suscetibilidade, faz-se a mesma associação estes dados obtidos no âmbito também do nível mais inferior. Visto que apresentou 56,45% da área investigada, sendo este representado pelas declividades de 0° - 7° , no primeiro momento, chegando até a variação de 7° - 11° . Este grupo, não apresentando, isoladamente, uma importância significativa quanto aos deslizamentos.

Enquanto que para o nível mediano, houve a ocorrência de 23,50% da área. Esta categoria abarcou o intervalo entre 11° - 17° e 17° - 27° , proporcionando um ambiente mais favorável aos deslizamentos ao passo que auxilia na diminuição da força de atrito presente no sedimento fazendo-lhe permanecer em repouso. Quando se reduz o atrito, com o aumento da declividade, favorece a movimentação gravitacional da massa envolvida.

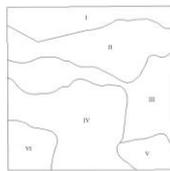
Para o nível mais alto de suscetibilidade que agrupou a declividade de 27° - 45° e superiores a 45° , constatou-se a presença em 20,05% da área total. Esta proporção se faz mais evidente em regiões mais escarpadas. Para as superfícies que já passaram por um longo período de dissecação, observa-se uma declividade predominantemente com nível mediano a baixo quanto à suscetibilidade aos deslizamentos. O que corresponde aos intervalos de 0° - 27° .

Figura 28: Mapa da classificação de suscetibilidade a deslizamentos em relação ao critério de declividade

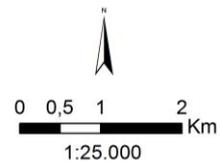


Legenda

Nível de Suscetibilidade	Atributos
1 (Baixo)	0° - 7°
2	7° - 11°
(Médio)	11° - 17°
3	17° - 27°
(Alto)	27° - 45°
	> 45°



- I - Igarassu
- II - Abreu e Lima
- III - Paulista
- IV - Recife
- V - Olinda
- VI - Camaragibe



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
 Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
 Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Autor

5.2 GERAÇÃO DA AHP

Utilizando os mapas em formato *raster*, já com os seus pesos por componentes em relação ao nível de suscetibilidade, foi possível confeccionar a relação de importância entre os mapas, para que fosse possível extrair o peso final de cada mapa para a inserção na álgebra responsável pelo mapa de suscetibilidade da área.

Na matriz quadrada de correlação entre os critérios, sabendo-se que os critérios iguais quando comparados, obtiveram o número 1 (um) associado. Pois, apresentam a mesma característica, sendo inconsistente avaliá-los de outra forma. Para as demais associações, houve uma análise quanto aos aspetos físicos responsáveis pela instabilidade da encosta e que elevaria a probabilidade quanto ao deslizamento (Tabela 4).

Tabela 4: Comparação dos critérios

Critério	Uso	Geológico	Pedológico	Declividade	Curvatura
Uso	1	0,33	0,25	0,17	0,17
Geológico	3	1	1	0,33	0,33
Pedológico	4	2	1	0,20	0,50
Declividade	6	3	5	1	1
Curvatura	6	3	2	1	1

Fonte: Autor

Como informado anteriormente às relações entre pares de mesmo critério (uso x uso; geológico x geológico etc.) foram classificados como 1, correspondendo a mesma importância, assim como propõe Saaty (1977).

Na sequência comparativa, pela coluna, tem-se a relação entre o geológico e o uso que apresentou a intensidade 3 por ter uma pequena importância geológica em comparação ao uso. Pois, mesmo a geologia sendo um condicionante natural, é passível de mutações antrópicas rápidas que alterem esse padrão e promova um grau de suscetibilidade maior ao deslizamento. Contudo, a geologia continua, naturalmente, representando uma titularidade quanto a este condicionante.

Posteriormente surge a relação entre os aspectos pedológicos e o uso da terra, onde o solo apresentou o índice 4 em referência ao uso. Este índice sugere o intermédio entre o 3 (uma importância pequena de um sobre o outro) e o 5 (importância grande ou essencial). Esta análise ocorre perante as características físicas presentes no solo que condicionam,

sobremaneira, os deslizamentos diante do uso. Visto que, mesmo ocorrendo um corte de talude de forma incorreta, mas existindo uma seguridade pedológica (proporção areia superior a argila e a não ocorrência do B textural) quanto ao deslizamento, ou mesmo a retirada da camada vegetal sem a impermeabilização, não haverá significativamente o aumento da suscetibilidade.

Já na terceira relação encontrada, ao comparar declividade x uso, observa-se o emprego do número 6 (valor intermediário) o qual se enquadra entre um critério de grande importância (classificação de número 5) ou de uma importância muito grande (classificação de número 7), por apresentar uma forte dominação deste critério em relação ao uso. Tal interpretação ocorre perante a máxima de que para ocorre o movimento de massa em geral de existir declividade diferente de zero. Logo, diante desta premissa teórica, tal critério se torna elementar para o desencadeamento de deslizamentos.

Na quarta comparação entre coluna e linha encontra-se a curvatura da encosta x o uso da terra. Para esta, sendo a curvatura responsável pela dinâmica do fluxo hídrico, compreendendo a concentração do escoamento, tem-se a responsabilidade por representar a suscetibilidade da área. Visto que, dificilmente, na escala trabalhada, haverá uma alteração na dinâmica geral das encostas pelo uso antrópico. Com isso, segue o entendimento da curvatura da encosta em detrimento do uso da terra.

Na segunda coluna de relação, tem-se no primeiro momento pedologia x geologia. Nesta comparação fez uso do número 2, percebendo que mesmo com um condicionante estrutural geológico, os aspectos pedológicos, mais superficiais, poderiam se sobrepor aos geológicos, mediante o critério de deslizamentos. Pois, os solos presentes na área variam de 2 metros (geissolos e argissolos), 3 metros (latossolos) até 4 metros (espodossolos) de espessura (EMBRAPA, 2006).

Em seguida surge a correlação entre a declividade x geologia, exercendo uma relação de pequena importância da declividade sobre a geologia, admitindo assim, o número 3. Pois, mesmo sabendo que o critério declividade seja primordial para a dinâmica, ora já comentado anteriormente, o aspecto geológico se matem estruturando o ambiente. Logo, em uma situação de declividade elevada o fator geológico pode, mesmo que de forma sutil, reduzir a suscetibilidade, porém não sucumbi à proeminência da declividade no processo morfodinâmico.

Na última análise da coluna referenciada aparece o cruzamento entre a curvatura da encosta x a geologia que apresenta também o índice 3 de correlação do primeiro critério sobre o segundo. Representando assim uma pequena importância da curvatura em detrimento da

geologia. Tal percepção ocorre quando se entende que mesmo tendo um condicionante estrutural, a dinâmica do fluxo, condicionado a morfologia da encosta, se sobrepõe aos aspectos geológicos na temática do movimento de massa rápido (deslizamentos). Pois, não alterando a característica geológica da área, porém modificando o perfil de curvatura da encosta, tem-se uma ampliação dos possíveis resultados para a suscetibilidade a tais movimentos.

No tocante da declividade x a pedologia, adotou-se o índice de correlação de número 5, reconhecendo o critério declividade como de grande importância ou mesmo essencial ao deslizamento em comparação ao solo. Perfazendo as mesmas definições já apresentadas à declividade, que sucumbi os elementos pedológicos. Porém, nesta relação, especificamente, a declividade apresenta uma valorização sobre o outro critério, visto a maior probabilidade da não consolidação dos sedimentos.

Em seguida, aparece a penúltima comparação direta entre a curvatura da encosta x o critério pedológico, onde o primeiro critério classifica-se entre mesma importância e uma pequena importância. Esta análise ocorre no entendimento de que para o deslizamento o solo é relevante, porém o perfil horizontal e vertical da encosta condicional a maior ou menor distribuição do fluxo hídrico, demandando assim uma responsabilidade sobre o possível evento.

E na última comparação entre os critérios aparece a curvatura da encosta x a declividade, sendo o primeiro considerado incipiente em relação ao o outro, por não apresentar relevância comparativa.

Após as relações diretas entre coluna x linhas, abaixo da diagonal decrescente da esquerda para direita da matriz, não precisou analisar as comparações inversas que se enquadram na porção superior desta diagonal, por se tratar da inversão da relação e já apresentada na tabela 4.

Através dessa matriz comparativa dos critérios foi possível encontrar o peso de cada critério (W_i), para que se efetuasse a álgebra no software (ArcGIS 9.3), a partir da matriz de normalização (Tabela 5).

Tabela 5: Matriz de normalização entre os critérios

Critério	Uso	Geológico	Pedológico	Declividade	Curvatura	Wi
Uso	0,05	0,04	0,03	0,06	0,06	0,05
Geológico	0,15	0,11	0,06	0,12	0,11	0,11
Pedológico	0,20	0,21	0,11	0,07	0,17	0,15
Declividade	0,30	0,32	0,57	0,37	0,33	0,38
Curvatura	0,30	0,32	0,23	0,37	0,33	0,31

Fonte: Autor

Entretanto, para assegurar os parâmetros estabelecidos, efetuou-se o cálculo da Razão de Consistência (RC), atribuindo ao Índice Randômico o valor de 1,11 referente aos cinco critérios utilizados na AHP. Como resultado obteve-se 0,04 como RC, validando a análise entre os critérios e permitindo que os pesos (Wi) fossem utilizados na álgebra para o mapa de suscetibilidade.

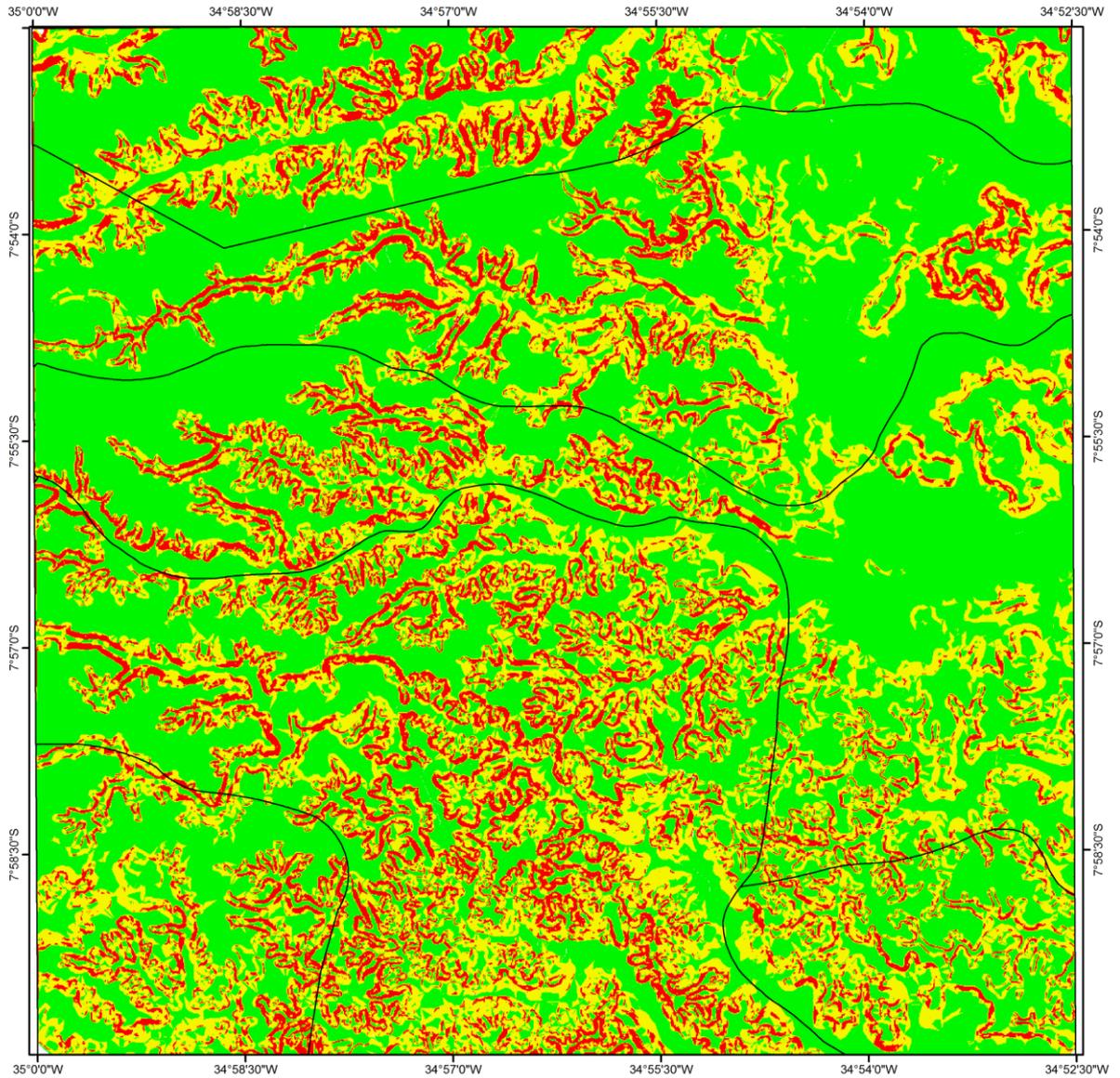
O mapa de suscetibilidade foi gerado no ArcGIS 9.3, inicialmente gerando todos os mapas dos critérios em raster, reclassificando-os para três níveis de suscetibilidade e utilizando a ferramenta *Raster Calculator* a partir da seguinte álgebra:

$$\text{Uso} * 0,05 + \text{Geológico} * 0,11 + \text{Pedológico} * 0,15 + \text{Declividade} * 0,38 + \text{Curvatura} * 0,31$$

Mediante esta equação foi possível gerar o mapa de suscetibilidade da folha Paulista de 1:25.000 (Figura 29). Nele verificou-se que o nível de maior proporção fora o mais baixo, correspondendo a 56,73% da área investigada. Para o nível médio houve uma espacialização de 28,66% e de 14,61% para a suscetibilidade alta quanto aos deslizamentos.

Ao comparar os mapas de suscetibilidade dos critérios e o da álgebra, verificasse uma grande semelhança do resultado da Declividade e o da Suscetibilidade final, explicada pelo peso maior daquele critério no cálculo final. Isso é certificado por Fernandes (*et al*, 2001), quando entende que a declividade é o critério mais relevante no processo da dinâmica gravitacional de massa. Porém, almejando investigar a real participação dos outros critérios perante o mapa final da suscetibilidade, demandou-se um trabalho de campo investigativo para melhor compreender este resultado e certificar a sua culminância.

Figura 29: Suscetibilidade aos deslizamentos na Folha Paulista (1:25.000)



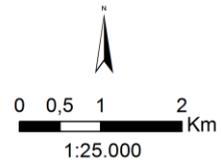
Legenda

Níveis de suscetibilidade

- Baixo
- Médio
- Alto



- I - Igarassu
- II - Abreu e Lima
- III - Paulista
- IV - Recife
- V - Olinda
- VI - Camaragibe



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
Acréscidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Autor

5.3 ANÁLISES DOS PONTOS

A análise ocorreu em seis pontos distribuídos pela área e identificados como Ponto 1 ou Igarassu, inserido no município de Igarassu; ponto 2 ou Abreu e Lima, localizado no município de Abreu e Lima; Ponto 3 ou Paulista, presente no município de Paulista; Ponto 4 ou Paratibe, classificado como bairro do município de Paulista; Ponto 5 ou Pica-Pau, se encontrando na estrada do Clube de campo de mesmo nome e sendo limítrofe entre os municípios de Recife e Paulista e Ponto 6 ou Brejo, correspondendo a um bairro do município do Recife.

Os pontos foram selecionados a partir da sua disposição funcional quanto ao uso e o nível de suscetibilidade, bem como receberam um codinome que os aproximasse da localidade a qual pertencem (Quadro 21).

Quadro 21: Relação entre nível de suscetibilidade e pontos analisados

Nível de Suscetibilidade	Categoria	Ponto
1 (Baixo)	Urbano	Ponto 2 (Abreu e Lima)
	Periurbano	Ponto 3 (Paulista)
2 (Médio)	Urbano	Ponto 4 (Paratibe)
	Periurbano	Ponto 1 (Igarassu)
3 (Alto)	Urbano	Ponto 6 (Brejo)
	Periurbano	Ponto 5 (Pica-Pau)

Fonte Autor

Nesta conjuntura é possível analisar os dados obtidos através das investidas a campo, nos locais já citados. A análise está disposta sequencialmente quanto aos critérios e a sua importância obtida com os pesos de cada critério (W_i) oriundos da matriz comparativa (Tabela 5): uso, geologia, pedologia, curvatura da encosta e declividade. As fichas de campo podem ser visualizadas no Apêndice do trabalho.

- Ponto 1 (Igarassu)

O referido ponto de análise está inserido no município de Igarassu, na Avenida Santa Catarina, ao norte da folha Paulista (1:25:000), compreendido como um espaço periurbano e

classificado em nível médio de suscetibilidade. O local onde fora feito o perfil de elevação se enquadra como uma lavoura temporária (Figura 30).

Figura 30: Encosta do ponto 1 (Igarassu)



Fonte: Autor

➤ Uso da terra

Corresponde a uma lavoura temporária, na zona rural do município, pertencente ao nível 2 de suscetibilidade, por praticar a troca constante da cultura e com isso remobilizar o solo com as técnicas agrária, favorecendo o desgaste. Tal procedimento altera a dinâmica hídrica, quando se retira a camada vegetal, acelerando tanto o processo de escoamento, o que agravaria a ocorrência de erosão, bem como reduzindo o tempo de infiltração da água, culminando na saturação hídrica do solo e fornecendo componentes para desencadear um deslizamento.

É importante ressaltar que o ponto 1 (Igarassu) no mapeamento de uso e ocupação se inseriu em um ambiente de uso não identificado e este é classificado dentro do critério de uso para a confecção do raster final como nível 1 de suscetibilidade aos deslizamentos. Tal impasse ocorreu por causa da escala de análise

de 1:25.000 que, mesmo sendo considerada de detalhe (TRICART, 1963; DEMEK, 1967 apud ROSS, 2010; MERCERJAKOV, 1968; GERASIMOV, 1980 apud GUERRA; CUNHA, 2009; CHRISTOFOLETTI, 1999), para realizar o geoprocessamento, apresenta alguns limitadores na execução da foto interpretação no instante do mapeamento.

➤ Geologia

A referência estrutural da análise do ponto 1 se debruça sobre os sedimentos holocênicos aluvionares que representam uma suscetibilidade baixa quanto aos deslizamentos. Esta avaliação corresponde aos seus componentes formadores que apresentam uma geometria complexa e camadas de que não apresentam uma continuidade (ALHEIROS, 1998).

Ainda que a área esteja classificada como uma suscetibilidade mediana, quanto ao critério geológico, não corresponde a esta realidade. Visto que tal composição ocupa o baixo curso do rio Utinga, da bacia sedimentar, e mesmo que apresentem siltes e argilas, a sua granulometria perpassa da grosseira à fina (BRASIL, 2001). Culminando para que neste ponto a geologia não fosse considerada como fator preponderante na deflagração dos deslizamentos

➤ Pedologia

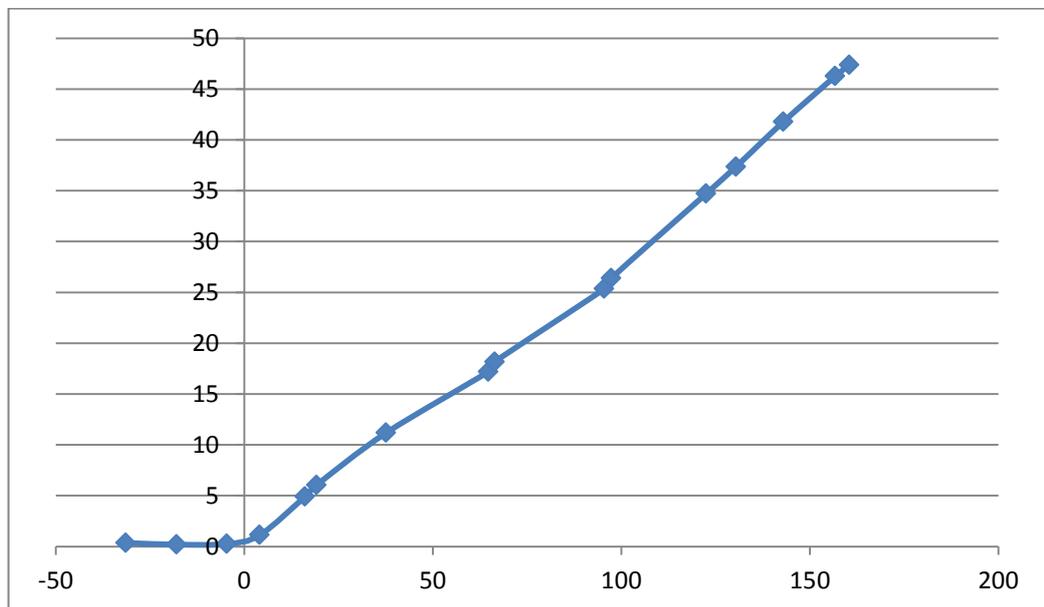
Apesar do elemento em questão ter sofrido recorrentes remobilizações perante a sua utilização agropecuária, Silva (*et al*, 2001) atesta que a cobertura pedológica da área analisada é composta, predominantemente, por Argissolos.

Estes solos apresentam gradiente textural, horizonte B diagnóstico, com o acúmulo de argila, porém com baixa atividade (EMBRAPA, 2006). Entretanto, esta condição física, permite que a água penetre no solo e este horizonte diagnóstico atua como um impermeabilizante, elevando a tensão cisalhante, na conjuntura de pluviosidade, e eleva a suscetibilidade ao deslizamento. Logo, é explicável a condição de nivelamento de suscetibilidade em seu nível máximo para este tipo de solo.

➤ Curvatura

Como componente deflagrador de deslizamentos, a curvatura do ponto de análise se apresenta com uma geometria complexa, pois, no transecto realizado com a Estação Total para a obtenção do perfil da encosta, no sentido vertical, expressou uma curvatura vertical planar ou levemente côncava (Gráfico 3). Já no transecto horizontal não foi possível realizar a medição, pois a visibilidade entre os equipamentos era bastante deficiente e comprometeria os dados.

Gráfico 3: Perfil vertical da encosta do ponto 1 (Igarassu)



Fonte: Autor

Porém, vislumbrando a compreensão da geometria horizontal da encosta, geraram-se dois blocos diagramas (um em gradiente e o outro em malha) para ilustrar a encosta do ponto 1 (Igarassu) (Figura 31). Neles é possível verificar que no âmbito horizontal a geometria é divergente.

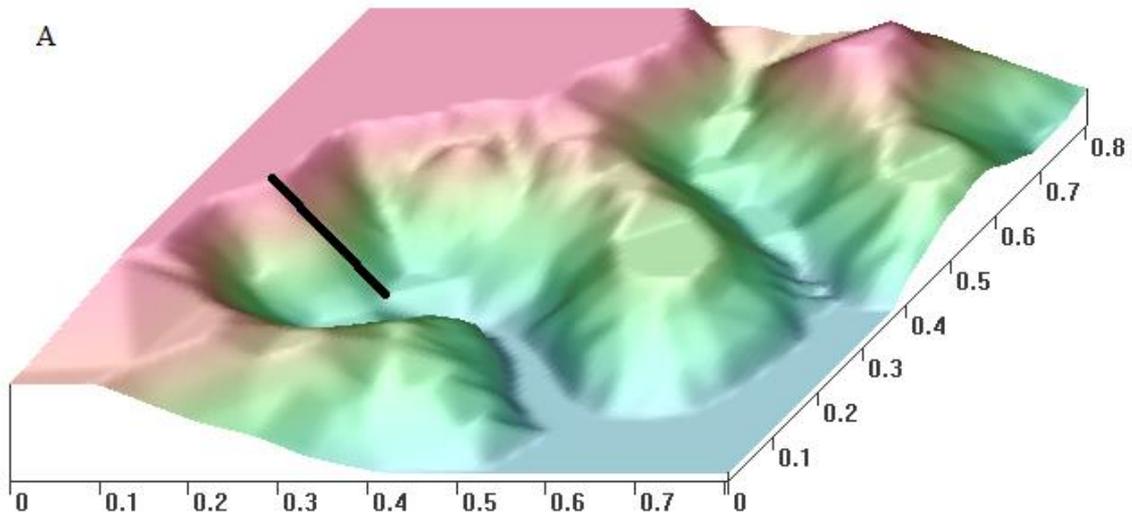
Apesar de ter sido gerado para a compreensão quanto à curvatura horizontal, o bloco diagrama de malha auxiliou também no esclarecimento da curvatura vertical que se caracteriza como retilínea, elucidando a percepção inicial do gráfico de detalhe gerado a partir da Estação Total. É provável que a encosta após a intervenção antrópica por atividade agrícola tenha sido alterada apresentando este perfil extraído em detalhe. Tal modificação pode estar atrelada a remobilização constante de material

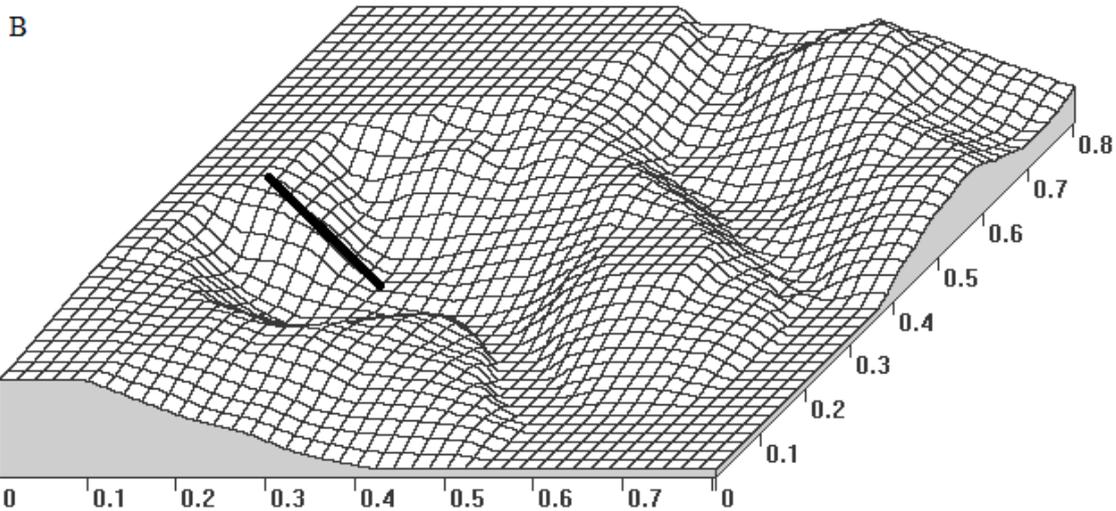
ou o processo evolutivo de assoreamento. Entretanto, não foi verificado processo erosivo em estado inicial, nem mesmo avançado.

Perante sua curvatura retilínea/divergente (vertical x horizontal) que se enquadra no nível 1 de suscetibilidade aos deslizamentos, entende-se que neste tipo de geometria de encosta os fluxos não são concentrados. Logo, ao dispersar o escoamento superficial, resultando na ponderação da infiltração pela encosta, reduz-se significativamente a suscetibilidade ao movimento gravitacional de massa.

Contudo, nas condições expressadas na álgebra entre os critérios, a curvatura obteve o segundo maior peso (W_i), ficando com 0,31. Mas isso não foi preponderante na classificação final de suscetibilidade do ponto 1 (Igarassu). Visto que este surge como ponto de média probabilidade ao deslizamento.

Figura 31: Blocodiagrama do ponto 1 (Igarassu) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)





Fonte: Autor

➤ Declividade

A partir dos pontos coletados na Estação Total (Tabela 6) conseguiu-se calcular a declividade média da área a partir dos pontos mais afastados. Na ocasião a declividade percebida foi de $16^{\circ} 13''$. Esta se insere na suscetibilidade média, na avaliação interna do critério. Estando o grupo da declividade média variando entre 11° a 27° (IPT, 2002). De acordo com Scholz (1972 apud FIDEM, 2003), declividade entre 15° e 25° é classificado como íngreme.

Tabela 6: Dados altimétricos do ponto 1 (Igarassu)

(continua)

Pontos	Horizontal	Vertical	Altura
1	31,42	31,422	0,354519
2	17,922	17,923	0,189328
3	4,608	4,615	0,254089
4	4,104	4,255	1,12348
(Invertido)			
5	16,076	16,804	4,89251
6	19,216	20,145	6,04701
7	37,6	39,224	11,1697
8	64,715	66,96	17,1933
9	66,447	68,885	18,1642
10	95,431	98,737	25,3361
11	97,375	100,889	26,3951
12	122,551	127,372	34,7114
13	130,409	135,653	37,3528
14	142,983	148,96	41,7725

...

Tabela 6: Dados altimétricos do ponto 1 (Igarassu)

Pontos	Horizontal	Vertical	(conclusão)
			Altura
15	156,741	163,424	46,2565
16	160,479	167,323	47,3654
Média = 4 + 16	165,087	171,938	48,0516

Fonte: Autor

A média da declividade apurada entre os pontos 176 e 188 é explicada pela dimensão entre o sopé da encosta e o ponto mais íngreme. Do ponto 173 ao 175 se observa uma regularidade planimétrica que alteraria a real declividade média da encosta (Gráfico 3). Logo, para a obtenção da declividade média alicerçou-se nos pontos apresentados no início do parágrafo.

- Ponto 2 (Abreu e Lima)

O segundo ponto analisado pertence ao município de Abreu e Lima, na Rua Bidoca, a nordeste da área, se inserindo no perímetro urbano e tendo o nível mais baixo na suscetibilidade quanto aos deslizamentos. O local se enquadra como uma área residencial (Figura 32).

Figura 32: Encosta do ponto 2 (Abreu e Lima)



Fonte: Autor

➤ Uso da terra

Enquadra-se como uma área residencial, ou seja, uma área urbana e está a poucos metros do centro da cidade de Abreu e Lima. Dentro das análises de suscetibilidade, quanto ao tipo de uso, pertence ao nível 3. Porém, quando percebido em seu critério, este representa apenas um peso de 0,05 na álgebra final.

Desta forma, ao comparar os resultados obtidos na matriz de normalização para o critério e constatar que o ponto realmente condiz com a álgebra, se torna válida a metodologia, especificamente para este critério. Mesmo ao entender que uma área urbana fora mais impactada com a intervenção antrópica.

➤ Geologia

Admitindo o nível mediano de suscetibilidade, a formação Barreiras aparece como elemento estruturador do ponto 2. Mesmo este ocorrendo a nordeste da área e majoritariamente a formação em questão se concentra na porção oeste. Contudo, nas áreas mais a leste, ela se comunica com os sedimentos marinhos passando a caracteriza-se como flúviomarinhas.

A formação Barreiras, por apresentar uma espessura média de 60 metros e de composição arenoargilosa não consolidada, permitiu uma maior intervenção antrópica. Isso explica a maior ocupação humana nessas áreas, refletida em desmates, corte de encostas e construções. E por esta razão, condiciona uma avaliação de suscetibilidade mediana.

Porém, mesmo com estas peculiaridades, a geologia, de modo geral, continua tendo uma importância pequena no desencadeamento dos deslizamentos.

➤ Pedologia

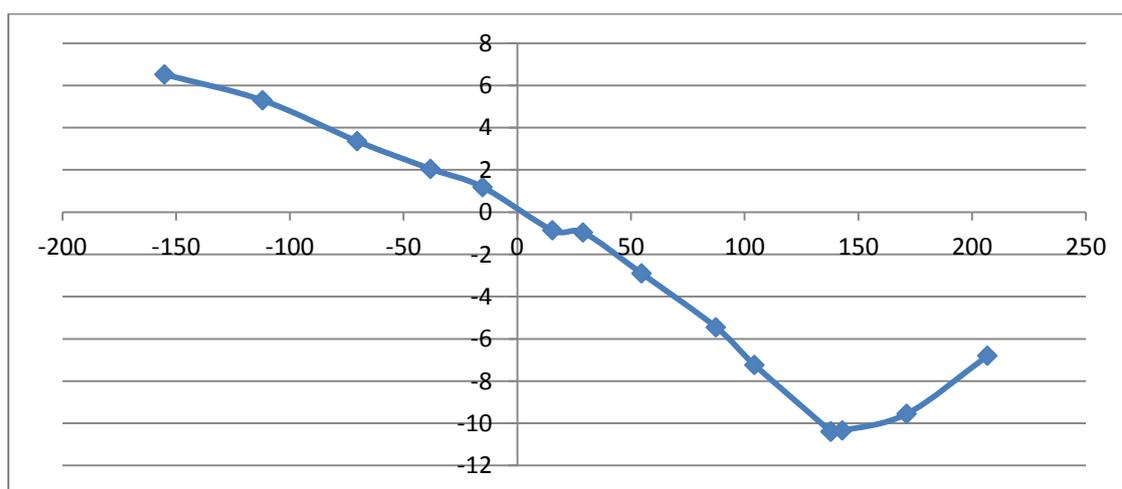
O ponto dois se localiza em uma área urbana, que para este estudo, entende que tal representação reuni condições processuais, quanto à dinâmica hídrica devido ao fenômeno de impermeabilização, que debilitam o processo de infiltração e percolação hídrica nos horizontes do solo. Fenômenos este que elevaria a suscetibilidade ao deslizamento.

Diante desta máxima conceitual, adotou-se para este mapeamento que a área urbana, no âmbito dos solos, teria uma suscetibilidade baixa. Mesmo sabendo que o peso (W_i) resultante do critério pedológico na matriz de normalização culminaria em 0,15.

➤ Curvatura

A geometria da encosta verificada no ponto 2 (Abreu e Lima) é bem singular, quanto à simplicidade das formas, promovendo uma interpretação mais precisa. Pois, diante dos dados extraídos da Estação Total quanto ao transecto vertical (Gráfico 4), percebe-se uma leve curvatura para a convexidade, resultando em uma geometria que favorece a divergência do escoamento hídrico.

Gráfico 4: Perfil vertical da encosta do ponto 2 (Abre e Lima)



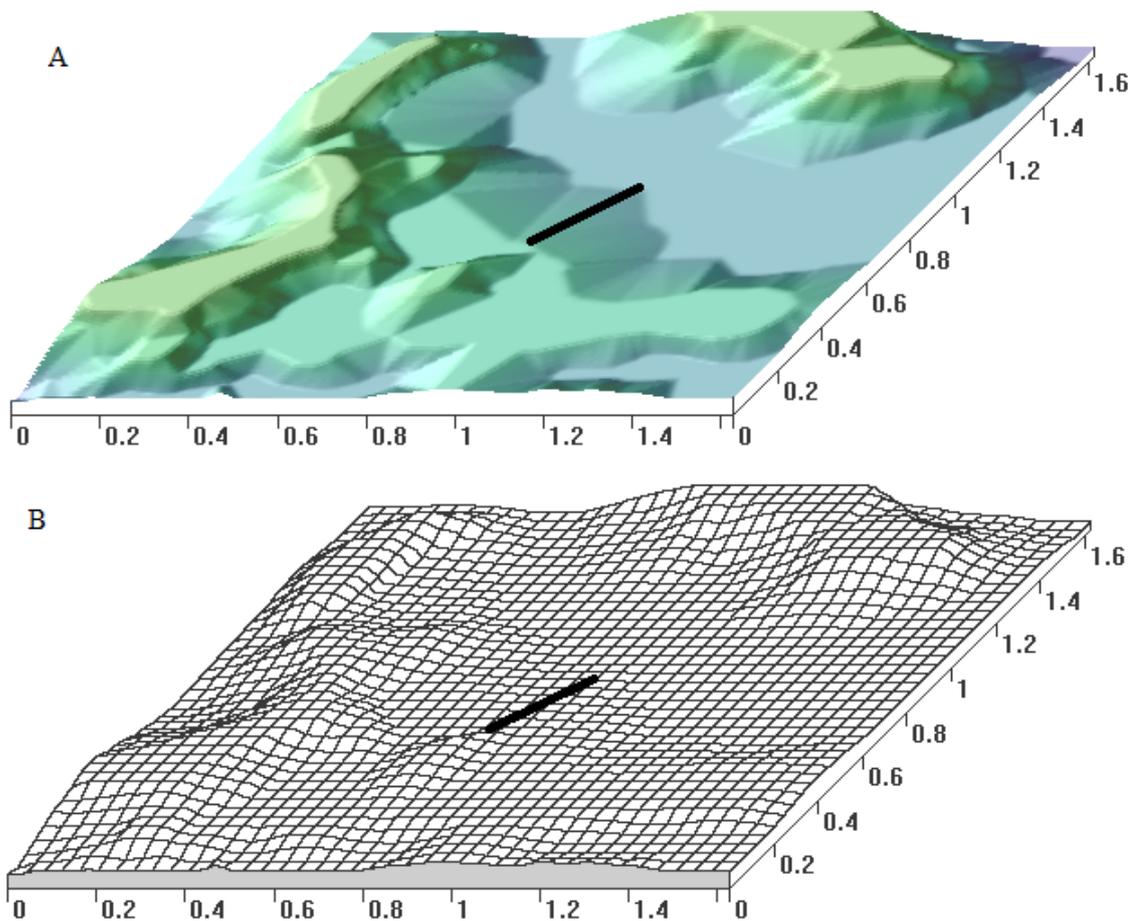
Fonte: Autor

Porém, para a confecção do perfil horizontal não houve possibilidade mediante as construções residenciais que impediam a coleta em linha reta, o que é de extrema importância para a credibilidade dos dados. Sendo assim, elaboraram-se blocos diagramas em gradiente e em malha, para visualizar a geometria da encosta objetivando emitir um parecer quanto à fidelidade do ponto selecionado a partir do mapa de suscetibilidade com a real característica em detalhe.

Com os blocos-diagramas (Figura 33) foi possível perceber a curvatura horizontal da encosta de modo divergente. Tais curvaturas são caracterizadas por dispersar o fluxo hídrico. Contudo, no ponto 2 (Abreu e Lima) devido ao processo de

urbanização que no caso específico se desenvolveu em loteamentos em quadras, onde as ruas obedecem apenas as orientações horizontais e verticais, debilita o processo natural da divergência dos fluxos hídricos. Promovendo um processo de canalização nas ruas, elevando o fluxo até alcançar o nível de base local. Este fenômeno é agravado por causa da impermeabilização das ruas, reduzindo a infiltração.

Figura 33: Blocodiagrama do ponto 2 (Abreu e Lima) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)



Fonte: Autor

➤ Declividade

Como o ponto 2 (Abreu e Lima) fora classificado previamente como de baixo nível ao processo de deslizamentos e o critério da declividade se apresentado na álgebra final como o de maior peso, já era provável que se encontraria uma encosta

com uma declividade muito baixa e que de fato não ofereceria índice considerável para eleva a suscetibilidade do ponto.

A partir dos dados obtidos com a coleta dos pontos na Estação Total (Tabela 7), foi possível mensurar a declividade no valor de 3° 25". Para Scholz (1972 apud FIDEM, 2003), esse tipo de declividade se enquadra nas de inclinação suave, não oferecendo risco substancial para o deslizamento da encosta. Já para a classificação do IPT (2002), esta se referencia como declividade muito fraca.

Tabela 7: Dados altimétricos do ponto 2 (Abreu e Lima)

Pontos	Horizontal	Vertical	Altura
1	155,12	155,257	6,520863
2	111,879	112,004	5,290121
3	70,377	70,457	3,356594
4	38,08	38,135	2,047395
5	15,195	15,241	1,18324
6 (inversão)	15,607	15,631	0,86586
7	29	29,016	0,96346
8	54,687	54,764	2,90305
9	87,485	87,655	5,45654
10	104,445	104,696	7,2453
11	137,944	138,335	10,3935
12	138,091	138,481	10,3857
13	142,996	143,369	10,3351
14	171,349	171,615	9,55136
15	206,81	206,922	6,8072
Média = 1 + 12	293,211	293,738	17,5876

Fonte: Autor

Porém, vale esclarecer que para obter a declividade média da encosta do ponto 2 (Abreu e Lima), foi necessária a exclusão dos pontos 201, 202 e 203, pois estes já tinham ultrapassado o nível de base local e prosseguiram para outra encosta, partilhando de outro compartimento de detalhe. Esclarecendo que o nível de base local (Figura 34) corresponde a um córrego de nome não identificado (Figura 35).

Figura 34: Encosta oposta do ponto 2 (Abreu e Lima)



Fonte: Autor

Figura 35: Presença do córrego entre as duas encostas



Fonte: Autor

- Ponto 3 (Paulista)

Pertencente ao município de Paulista, o ponto de análise se encontra na Rua Unnamed Rd, acessado pela PE-018, na porção centro-oeste da folha Paulista. Classificado como periurbano, espacialmente fora nivelado como baixa suscetibilidade aos deslizamentos. A área de inserção do ponto 3 faz parte de um ambiente preservado denominado de Aldeia, contemplado por vários sítios e ganjas, abrangendo vários municípios. A extração do perfil topográfico ocorreu em uma estrada transversal (Figura 36), por não existir condições técnicas de outro local perante a vegetação exuberante que dificulta a captação dos dados.

Figura 36: Encosta do ponto 3 (Paulista)



Fonte: Autor

➤ Uso da terra

Os condicionantes classificatórios do ponto 3 (Paulista), deixam claro que se trata de uma área floresta, em harmonia com os condicionantes ambientais e dificilmente se contrapondo a sua natureza processual.

É perceptível que diante de tais características estaria reservada ao nível mais baixo de suscetibilidade aos deslizamentos, quando comparados aos seus pares

internos, dentro do critério de uso. Não obstante de também compactuar com tais dados, o critério de uso corrobora ao atribuir-se como 0,05 de peso para a álgebra final.

➤ Geologia

A porção geológica estrutural do ponto 3 é identificada pelo nível médio de suscetibilidade. A formação Barreiras para este campo de análise se insere na sua área de maior concentração e sustenta a característica quanto aos depósitos fluviais.

A formação Barreiras neste ponto não passou por tantas intervenções antrópicas, mas segue com suas características arenoargilosas não consolidadas. Porém, mesmo com estas peculiaridades, a geologia, de modo geral, continua tendo uma importância pequena no desencadeamento dos deslizamentos.

➤ Pedologia

De acordo com Silva (*et al*, 2001) o ponto demarcado está capeado pelos Latossolos Amarelos. Estes são solos uniformes e coesos, apresentando a fração argila a muito argilosa.

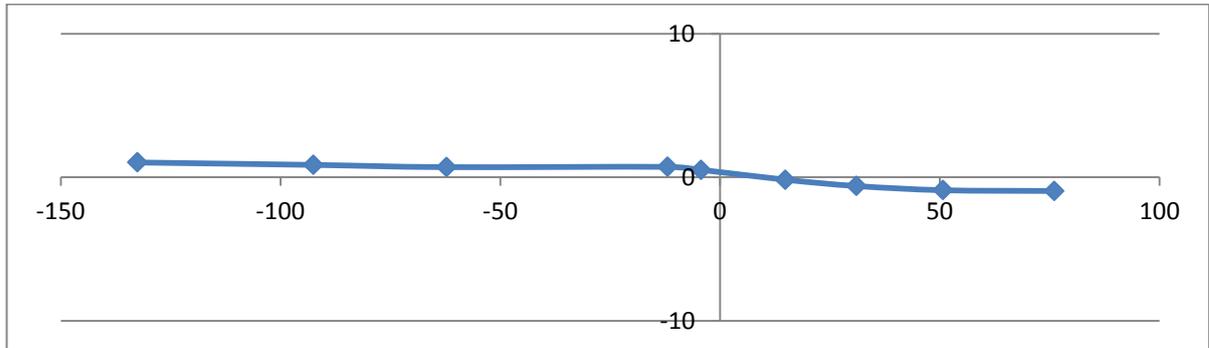
O que chama a atenção para este tipo de solo é a sua elevada permeabilidade, resultando no seu nivelamento em mediano na escala classificatória diante dos tipos de solos. Esta análise foi permitida perante a elevada translocação hídrica presente no perfil deste tipo de solo, além de ser um solo profundo que repousa sobre a formação Barreiras. Logo, existe um pacote sedimentar muito espesso, o qual permitindo essa infiltração, reduz a suscetibilidade aos deslizamentos.

➤ Curvatura

O ponto 3 (Paulista), mesmo sendo classificado como baixa suscetibilidade aos deslizamentos, assim como o ponto 2 (Abreu e Lima), denota uma peculiaridade quanto à curvatura, pois ao estar inserido no compartimento geomorfológico dos tabuleiros, culmina em uma geometria, tanto vertical, quanto horizontal, plana (Gráfico 5). Apesar da coleta de detalhe da Estação Total, captar algum desnível singular, mas isso não desconstrói o critério holístico. Ainda assim, se culmina em uma

geometria retilínea/planar, obedecendo à categorização de suscetibilidade de nível 1 na escala interna dos atributos acerca da curvatura da encosta, concordando com Dikau (1990).

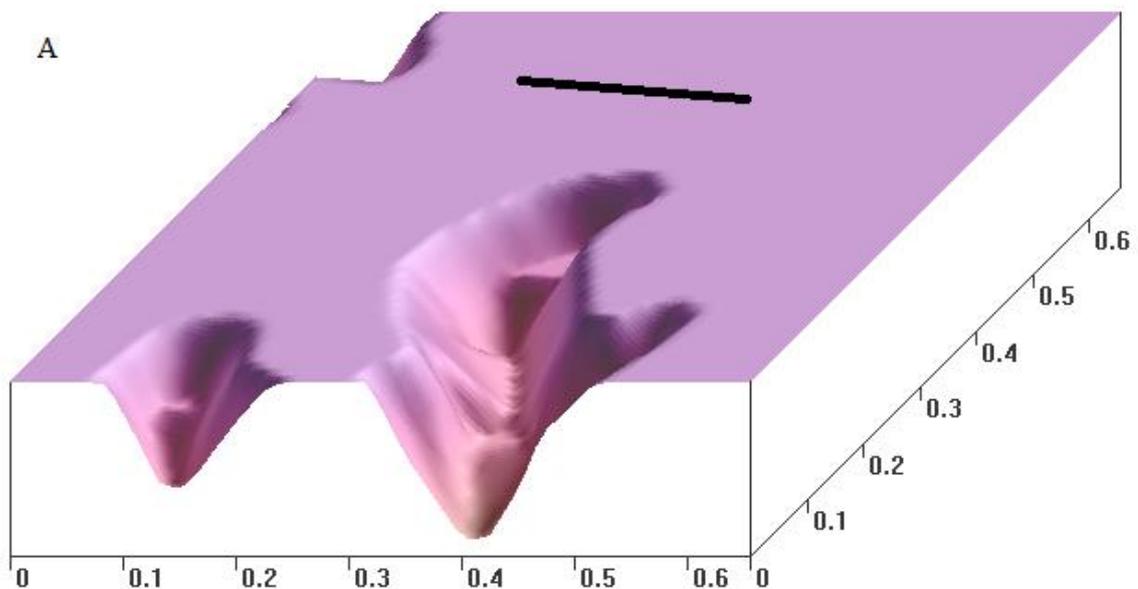
Gráfico 5: Perfil vertical da encosta do ponto 3 (Paulista)

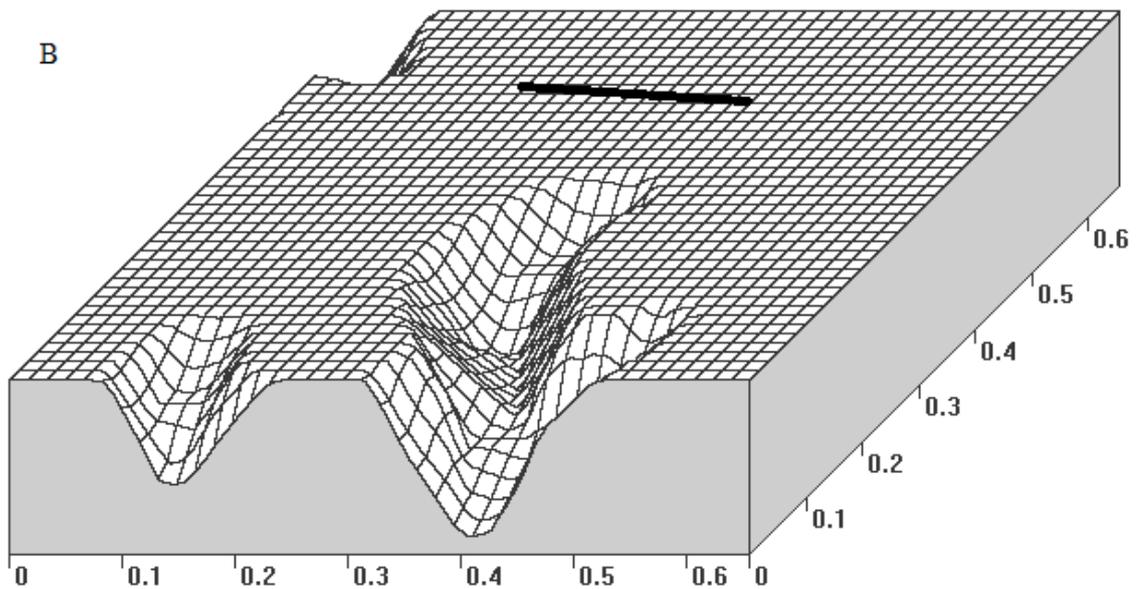


Fonte: Autor

Ao analisar as imagens dos diagramas de blocos se torna evidente as condições geométricas que se insere o ponto 3 (Paulista) (Figura 37). Contudo, é de grande importância salientar o processo de evolução da paisagem no que cerne a dissecação do tabuleiro, já aparente na figura, e que demanda maiores estudos nessas áreas passíveis de processos morfodinâmicos futuramente.

Figura 37: Blocodiagrama do ponto 3 (Paulista) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)





Fonte: Autor

Enquanto que na conjuntura atual os recursos utilizados constaram a regularidade da classificação da suscetibilidade quanto ao critério de curvatura, validando a análise a partir do geoprocessamento.

➤ Declividade

A partir da visualização dos diagramas anteriores (Figura 37) já é perceptível o enquadramento do ponto nos atributos de uma suscetibilidade baixa acerca da declividade. Mas, quando efetuado os cálculos para a obtenção do dado em graus (Tabela 8), constatasse $0^{\circ} 33''$ de inclinação, corroborando com os resultados dos blocos.

Tabela 8: Dados altimétricos do ponto 3 (Paulista)

	(continua)		
Pontos	Horizontal	Vertical	Altura
1	76,129	76,135	0,95582
2	50,802	50,81	0,90161
3	31,055	31,061	0,61049
4	14,923	14,924	0,17276
5 (inversão)	4,238	4,269	0,513534
6	11,899	11,921	0,723906

...

Tabela 8: Dados altimétricos do ponto 3 (Paulista)

Pontos	Horizontal	Vertical	(conclusão)
			Altura
7	62,155	62,159	0,705164
8	92,519	92,523	0,86033
9	132,528	132,532	1,02968
Média = 1 + 9	208,657	208,667	2,042851

Fonte: Autor

A declividade apresentada no ponto 3 (Paulista) se enquadra como plana segundo Scholz (1972 apud FIDEM, 2003), assim como para o IPT (2002) que utiliza a mesma nomenclatura. A divergência ocorre no limítrofe da categoria, pois para este se encerra em 3° e para o anterior aos 2°.

Como a área do perfil analisado era completamente plana não aparecendo o nível de base na coleta dos pontos da Estação total, não houve a necessidade de se deduzir qualquer ponto objetivando não deturpar a resultante da declividade final.

- Ponto 4 (Paratibe)

O município de Paulista também abarca o quarto ponto de análise, encontrando-se no acesso que interliga a Rua F à Rua Striagem, pertencente ao ambiente urbano, especificamente residencial e se enquadrando como nível médio de suscetibilidade. Pode ser visualizado na porção centro-leste da folha Paulista. O ponto em questão está presente na porção centro-leste da folha Paulista. O local da extração do perfil de análise topográfica corresponde a uma escadaria, passando um colégio, conectando um conjunto residencial de edifícios, ao alto, e casas, mais abaixo (Figura 38).

Figura 38: Encosta do ponto 4 (Paratibe)



Fonte: Autor

➤ Uso da terra

Insere-se no perímetro urbano, classificado como nível 3 de suscetibilidade a deslizamentos na comparação entre os itens presentes nos tipos de uso. Porém, quando percebido no critério (Uso), este representa apenas um peso de 0,05 na álgebra final, assim como já fora discutido no ponto 2 (Abreu e Lima).

Desta forma, mais uma vez ao comparar os resultados obtidos na matriz de normalização para o critério de uso e o local analisado, pode-se constatar que o ponto 4 realmente condiz com a álgebra, tornando-a válida enquanto metodologia, especificamente para o tipo dos tipos de uso. Porém, fazendo a ressalva que no entendimento desta pesquisa, a intervenção antrópica causa impactos significativos na paisagem, perceptível em uma área urbana.

➤ Geologia

O ponto 4 ainda se insere na porção estrutural Barreiras, com as características padrão do sedimentos, como areno-argilosos e composição flúviomarinha. As relações quanto aos condicionantes físicos e o modo de ocupação antrópica seguem as mesma já apresentadas no ponto 2 (Abreu e Lima).

A única contradição na comparação dos pontos se dá quanto à classificação final da suscetibilidade, visto que o ponto 2 (Abreu e Lima) se enquadra na suscetibilidade baixa e o ponto 4 (Paratibe) está classificado como médio. Portanto, o critério geológico não forneceu créditos que alterasse essa percepção.

➤ Pedologia

A identificação do tipo de solo no ponto 4 (Paratibe) é debilitada, visto que já foi urbanizado e majoritariamente remobilizado. Diante desse pressuposto Silva (*et al*, 2001) o classifica como urbano. Este ambiente se agrupa as condições do ponto 2 (Abreu e Lima), o qual reuni condições processuais, quanto à dinâmica hídrica devido ao fenômeno de impermeabilização.

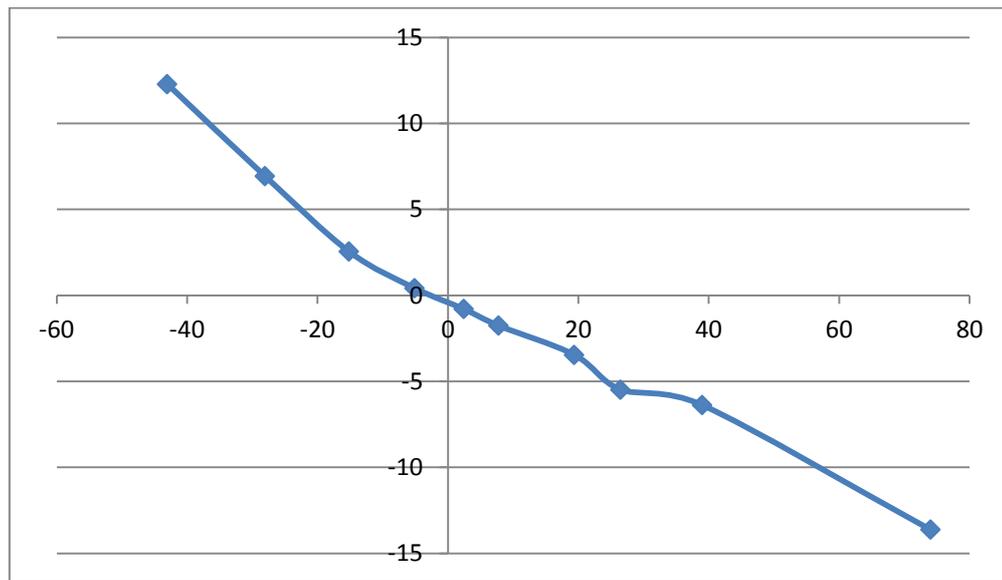
Em ambiente urbano o processo de infiltração e percolação hídrica pelos horizontes do solo é reduzido em benefício do escoamento. Logo, não se tem o aumento da suscetibilidade aos deslizamentos, em regra geral e o que foi verificado no local.

Precedido da discussão anterior adotou-se para este mapeamento que a área urbana, no âmbito dos solos, teria uma suscetibilidade baixa. Mesmo sabendo que o peso (W_i) resultante do critério pedológico na matriz de normalização culminaria em 0,15.

➤ Curvatura

O ponto 4 (Paratibe) apresentou um perfil vertical côncavo, pertencente à classe mais susceptível aos deslizamentos segundo Dikau (1990). Mas, não se trata de uma grande angulação, perceptível na composição dos pontos extraídos da estação Total (Gráfico 6).

Gráfico 6: Perfil vertical da encosta do ponto 4 (Paratibe)

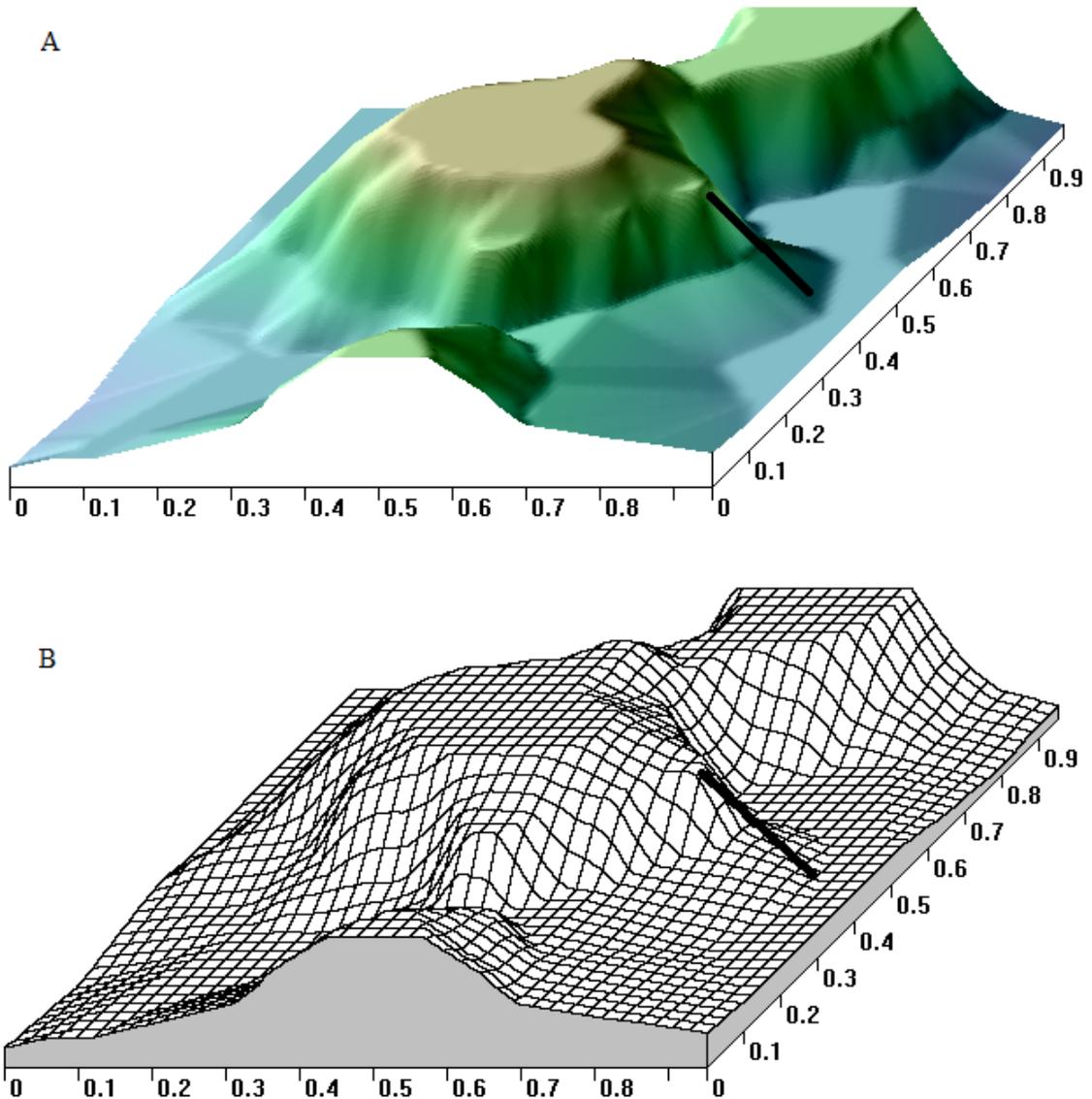


Fonte: Autor

A interpretação do perfil horizontal ficou a cargo dos diagramas de blocos (Figura 39), por que o ambiente residencial impediu a coleta deste dado. Nos diagramas é evidente o contorno convexo das encostas, categorizando-a como côncava/divergente. Tão logo se enquadrando no nível mediano de suscetibilidade nos subníveis do critério de curvatura. Corroborando também com o tipo de suscetibilidade gerado no mapa de suscetibilidade ao qual se insere o ponto 4 (Paratibe).

Tanto no perfil (Gráfico 6) quanto nos blocos (Figura 39) é visível a transição de patamar da encosta, o que a classifica, em relação ao perfil vertical, como côncava. Contudo, segue no seu transecto horizontal com uma geometria divergente, contribuindo para distribuição do fluxo e redução do nível de suscetibilidade.

Figura 39: Blocodiagrama do ponto 4 (Paratibe) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)



Fonte: Autor

➤ Declividade

O ponto em questão se enquadrou perfeitamente na metodologia utilizada, tanto na hierarquização dos níveis de declividade, a partir do IPT (2002). Assim como, na classificação atribuída aos tipos de declives em relação ao nivelamento de suscetibilidade. A partir da tabela confeccionada após a coleta dos pontos através da Estação Total (Tabela 9), a declividade apresentada pela encosta foi de $12^{\circ} 45''$.

Tabela 9: Dados altimétricos do ponto 4 (Paratibe)

Pontos	Horizontal	Vertical	Altura
1	73,355	74,679	13,9999
2	65,834	66,969	12,2773
3	43,026	43,771	8,04138
4	25,95	26,477	5,25633
5	10,996	11,251	2,3818
6 (inversão)	11,224	11,274	1,060613
7	44,214	44,46	4,670525
8	48,981	49,221	4,854738
Média = 1 + 8	122,336	123,9	19,6243

Fonte: Autor

Segundo o IPT (2002), uma declividade entre 11° e 17° se classifica como média, enquanto que para Scholz (1972 apud FIDEM, 2003), o ângulo de $12^\circ 45''$ se insere na categoria de íngreme que possui um intervalo maior de 15° até 25° .

Desta forma, a declividade encontrada no detalhe a partir da Estação total corrobora com as informações resultantes da álgebra dos critérios proposta por Saaty (2008).

- Ponto 5 (Pica-Pau)

Tendo como acesso a Estrada do Barro Branco, localiza-se no quilômetro 5 da mesma estrada, pertencente ao município do Recife, além de está na porção central da área em estudo. O ambiente se enquadra nos critérios periurbanos e apresenta um nível alto de suscetibilidade (Figura 40).

Figura 40: Encosta do ponto 5 (Pica-Pau)



Foto: Autor

➤ Uso da terra

O ponto faz parte do perímetro de lavoura temporária, classificada como nível médio de suscetibilidade aos deslizamentos, diante dos subcritérios dos tipos de uso.

Enquadra-se como um ambiente pouco alterado pela ação antropogênica, pois ainda está muito próximo de uma área florestada, quando comparado ao ambiente urbano e isso culmina em uma área relativamente vegetada e denunciando uma estabilidade quanto às condições ambientais. Tal cenário é explicado, pois *in loco* verificou-se que a lavoura tinha um cunho voltado para a subsistência. Porém, houve já o corte da encosta, alterando parcialmente a sua dinâmica natural.

➤ Geologia

Mais uma vez um ponto inserido nos domínios estruturais da formação Barreiras. Porém, o ponto 5 (Pica-Pau) se reserva a porção mais a oeste, aproximando-se dos depósitos fluviais da formação.

Porém, segue com o mesmo entendimento esboçado no ponto 3 (Paulista), por serem periurbanos, apresentarem sedimentos fluviais, majoritariamente, arenoargilosos não consolidados e oriundos do continente.

Logo, tem-se o mesmo entendimento quanto o seu grau de suscetibilidade que é de nível médio. Entretanto, no critério geológico para a álgebra final.

➤ Pedologia

Assim como o ponto 3 (Paulista), o ponto 5 (Pica-Pau) também está inserido na cobertura pedológica dos Latossolos Amarelos. Estes são solos uniformes e coesos, apresentando uma variação da fração argilosa a muito argilosa.

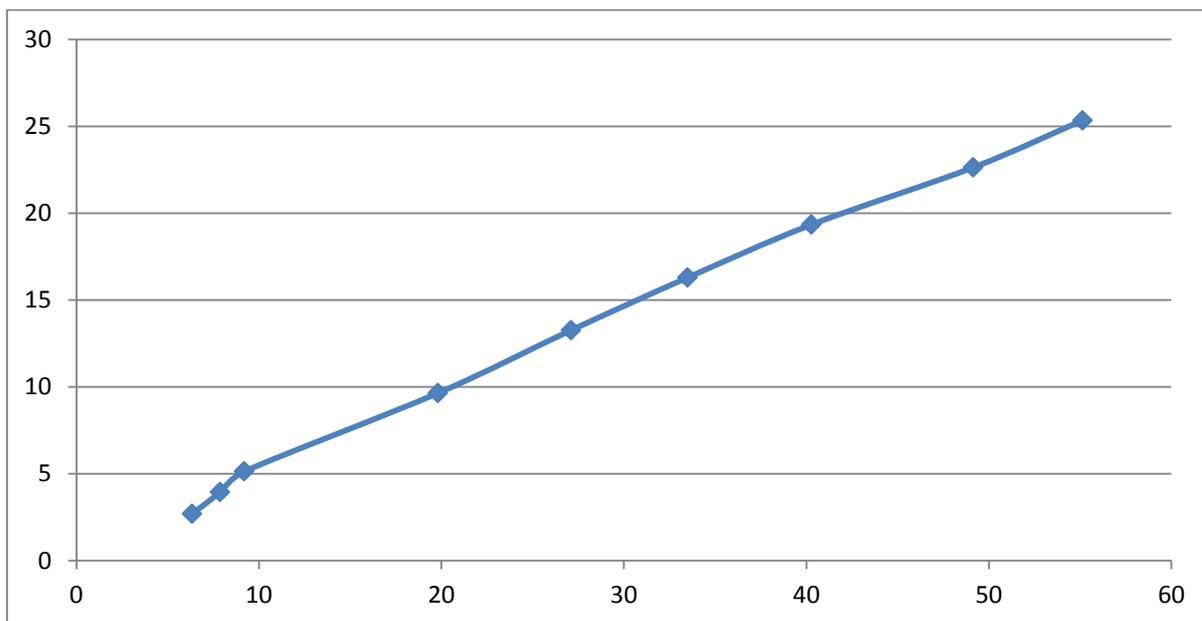
É importante salientar mais uma vez que este tipo de solo possui uma elevada permeabilidade. Esta característica justifica a escala classificatória mediana quanto à suscetibilidade ao deslizamento.

A classificação apresenta se fundamenta na elevada translocação hídrica presente no perfil deste tipo de solo, além de ser um solo profundo que repousa sobre a formação Barreiras que apresenta uma espessura média de 60 metros (EMBRAPA, 2006), facilitando o processo de infiltração e reduzindo a suscetibilidade aos deslizamentos.

➤ Curvatura

As aferições a partir da Estação Total desempenhadas no ponto 5 (Pica-Pau) revelaram que o perfil de curvatura no âmbito vertical assume uma geometria planar (Gráfico 7). Contudo, ao analisar o bloco diagrama (Figura 41), confeccionado para a visualização do perfil horizontal, percebe-se que a encosta corresponde ao modelo côncavo em um transecto vertical. Isso não foi percebido em detalhe, pois o compartimento analisado abarca apenas uma porção de aproximadamente 122 metros de comprimento. O que não foi suficiente para perceber tal variação angular. Essa debilidade se deu por não encontrar uma área descampada retilínea. Condição ideal para a utilização da Estação Total.

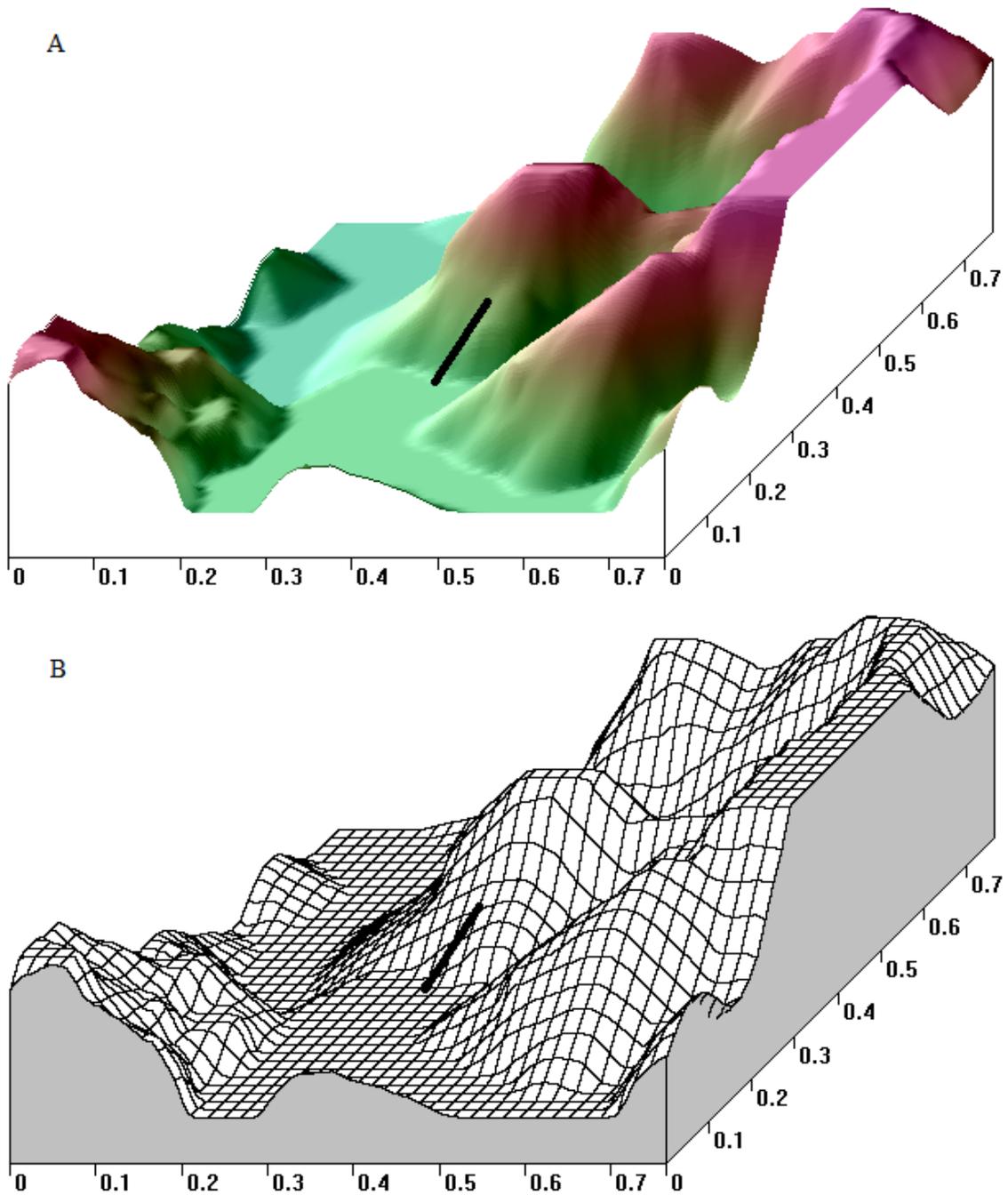
Gráfico 7: Perfil vertical da encosta do ponto 5 (Pica-Pau)



Fonte: Autor

Para a análise do perfil horizontal, o digrama de bloco auxiliou na interpretação elucidando a geometria horizontal como divergente na porção isolada de onde foi realizado o perfil vertical. Entretanto, na visualização ampliada, fornecida pelo blocodiagrama (Figura 41), verifica-se a concavidade geométrica no âmbito horizontal que se insere a encosta, tornando-a como côncava/convergente, compreendendo ao nível elevado quanto à suscetibilidade.

Figura 41: Blocodiagrama do ponto 5 (Pica-Pau) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)



Fonte: Autor

Neste ponto, os dados da Estação Total não foram relevantes, por causa da debilidade na obtenção das informações necessárias. Contudo, os diagramas de blocos, especialmente o de malha (Figura 41-B), ilustram de maneira satisfatória a concavidade vertical e a divergência horizontal, mitigando a debilidade dos dados da Estação.

➤ Declividade

O Ponto 5 (Pica-Pau) foi o que apresentou maior declividade dentre todos os pontos, culminando em 22° 56', a partir dos dados da Estação Total (Tabela 10). Porém, essa angulação ainda não o credita ao nível mais elevado de suscetibilidade. Este nível se enquadra dentro dos parâmetros medianos.

Tabela 10: Dados altimétricos do ponto 5 (Pica-Pau)

Pontos	Horizontal	Vertical	Altura
262	6,331	6,879	2,690554
263	7,875	8,809	3,947513
264	9,198	10,535	5,13644
265	19,812	22,036	9,647277
266	27,115	30,187	13,2677
267	33,491	37,244	16,2932
268	40,279	44,682	19,34123
269	49,142	54,102	22,62941
270	55,134	60,678	25,33894

Fonte: Autor

Diante dos parâmetros de Scholz (1972 apud FIDEM, 2003), esta inclinação se classifica como íngreme. Porém, para o IPT (2002) é denominada como declividade forte. Logo, os critérios utilizados para este estudo conseguem intermediar as definições apresentadas sendo condizente com a realidade.

- Ponto 6 (Brejo)

O último ponto de análise pertence ao município do Recife, encontrando-se na Rua Campestre, ao sul da área investigada. Comunga da classificação urbana e apresenta um uso residencial (Figura 42), além de se enquadrar como uma suscetibilidade de nível alto.

Figura 42: Encosta do ponto 6 (Brejo)



Fonte: Autor

➤ Uso da terra

O ponto em questão apresenta uma ocupação demografia considerável e tem uma função residencial. Com esses parâmetros vislumbra-se um ambiente urbano, que admite um nível 3 de suscetibilidade dentro da subclassificação do critério de uso.

Neste ponto, especificamente, a ocupação ocorre de modo parcialmente desordenado, apresentando cortes na encosta que ultrapassam o limite da estabilidade (FIDEM, 2003).

➤ Geologia

O ponto 6 (Brejo) repousa sobre a formação Barreiras, na porção que se comunica com os sedimentos marinhos, resultando em sedimentos fluviomarinhos. Em linha gerais, os parâmetros condizentes a este ponto se reúnem aos pontos 2 e 4.

Logo, mesmo apresentando uma suscetibilidade mediana quando os atributos do critério são comparados entre si, ao ser analisado em quanto critério geológico de

um modo geral, este se conserva com um peso de 0,11, correspondendo à quarta posição hierárquica de importância dentre os cinco critérios.

➤ Pedologia

No ponto 6 houve o mesmo cenário pedológico dos pontos 2 (Abreu e Lima) e 4 (Paratibe), o ambiente urbano como o solo essencialmente modificado. Desta forma Silva (*et al*, 2001) o classifica como urbano, onde neste tipo de ambiente o processo de infiltração pelos horizontes do solo é reduzido e se eleva escoamento.

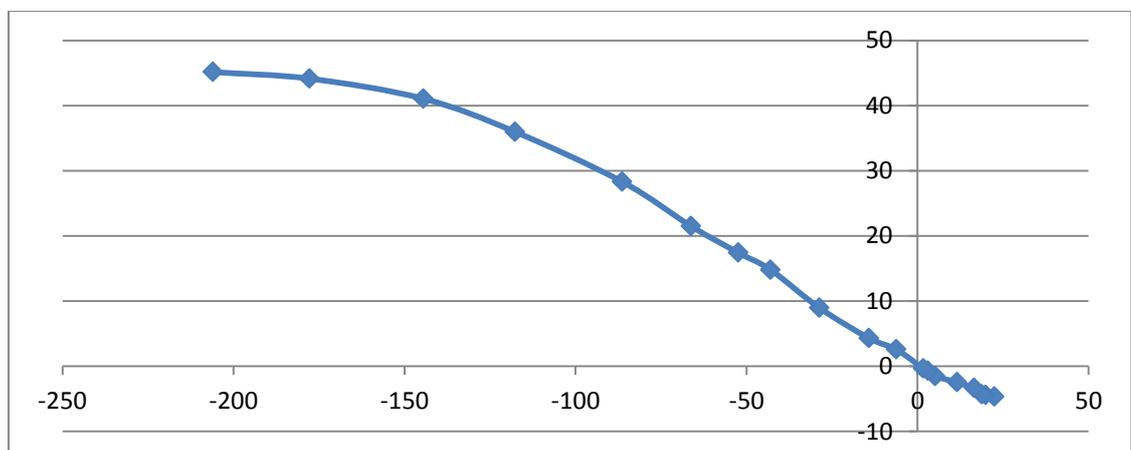
Com estes parâmetros, reduz-se a suscetibilidade aos deslizamentos. Logo, atribuiu-se a classificação de nível 1, para dentro do critério de solo. Porém, no peso final do critério pedológico resultou em 0,15.

➤ Curvatura

O último ponto analisado apresentou verticalmente, após a coleta e análise dos dados obtidos pela Estação Total, uma curvatura levemente convexa, mas nas proximidades do seu nível de base, apresentou uma concavidade (Gráfico 8).

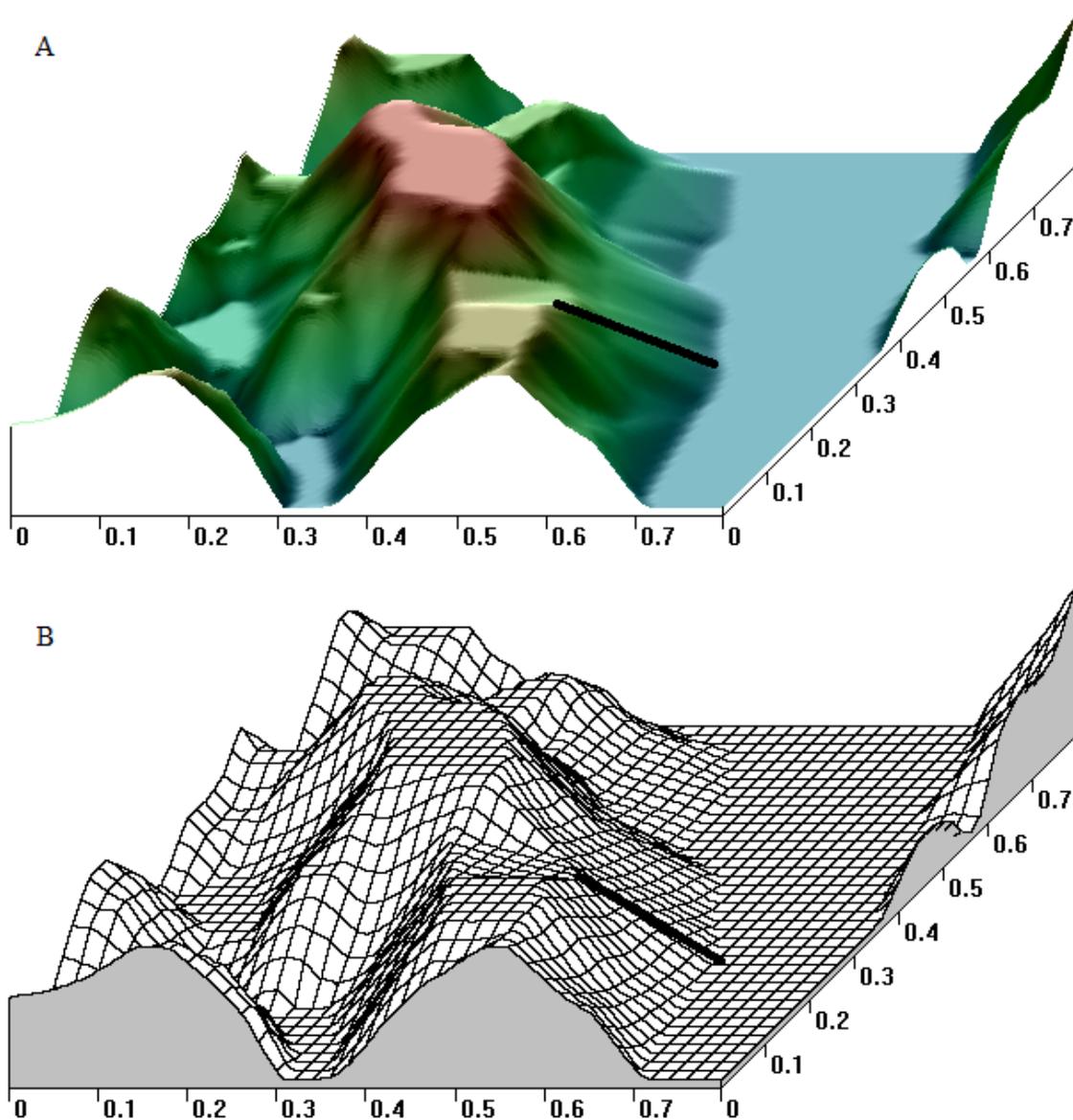
Para o perfil horizontal, fez uso do diagrama de blocos (Figura 43) o qual foi bastante satisfatório ao expressar a geometria plana. Contudo, o questionamento sobre o seu perfil vertical apenas se elucida ao observar a imagem da malha (Figura 43-B). Ela exprime a morfologia mais ampla da encosta, perfazendo a sua concavidade no âmbito vertical. Culminando em uma geometria côncava/planar.

Gráfico 8: Perfil vertical da encosta do ponto 6 (Brejo)



Fonte: Autor

Figura 43: Blocodiagrama do ponto 6 (Brejo)) com a localização do perfil vertical. (A – blocodiagrama em gradiente; B – blocodiagrama em malha)



Nesses moldes, a curvatura da encosta se enquadra como de suscetibilidade alta, mediante os conceitos de Dikau (1990) que afirma que encostas com esta geometria, aumentam o fluxo hídrico, culminando na maior probabilidade aos movimentos de massa.

➤ Declividade

Mesmo sendo um ponto caracterizado previamente como de suscetibilidade alta e a declividade desempenhando um papel de maior peso na álgebra final, o ponto

6 (Brejo) não apresentou uma declividade de nível de suscetibilidade alto. A declividade média, após a seleção dos dados da estação total, ficou em 15° 22' (Tabela 11)

Tabela 11: Dados altimétricos do ponto 6 (Brejo)

Pontos	Horizontal	Vertical	Altura
1	22,455	22,933	4,65784
2	19,919	20,407	4,43611
3	18,845	19,334	4,32083
4	16,591	16,928	3,36094
5	11,549	11,808	2,45957
6	5,173	5,397	1,53873
7	2,977	3,058	0,69917
8	1,725	1,764	0,36888
9 (inversão)	6,23	6,75	2,597999
10	14,161	14,802	4,308745
11	28,706	30,073	8,963866
12	42,963	45,439	14,79471
13	52,429	55,252	17,43512
14	66,218	69,618	21,49052
15	86,377	90,9	28,31649
16	117,665	123,038	35,96244
17	144,466	150,185	41,05008
18	177,788	183,183	44,12979
19	206,036	210,922	45,13598
Média = 1 + 17	166,921	173,118	45,90448

Fonte: Autor

Para Scholz (1972 apud FIDEM, 2003), variando de 15° a 25° a declividade é considerada íngreme. Enquanto que o IPT (2002) classifica apenas como média. Este ponto corroborou com as premissas do IPT, hierarquizando-o como uma suscetibilidade média, quanto à declividade.

Diante do exposto, surge a necessidade de correlacionar os dados numéricos extraídos da metodologia proposta por Saaty (2001), na atribuição dos pesos para os níveis de suscetibilidade aos deslizamentos, com os resultados numéricos acerca do cálculo de cada peso por critério e seus aspectos individuais em referências aos pontos analisados. Essas demandas se farão presentes na sequência do texto.

5.4 RELAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS, O MAPA DE SUSCETIBILIDADE E OS PONTOS ANALISADOS

Na perspectiva comparativa entre o mapa de suscetibilidade gerado a partir da álgebra dos critérios e a conformidade de tais pesos e a sua espacialização coerente com a área investigada diante dos níveis de suscetibilidade são de extrema importância para a certificação da AHP como instrumento no mapeamento dos deslizamentos.

O quadro a seguir (Quadro 22) ratifica a coerência dos pontos categorizados em níveis suscetibilidade aos deslizamentos em todos os níveis investigados. Ao comparar os dados obtidos em campo, dos critérios disponíveis para a coleta – fazendo saber que para os critérios pedológico e geológico, por não haver disponibilidade de análise *in loco*, utilizou-se os dados de Silva (*et al*, 2001) –, relacionou-se com os pesos de cada atributo a partir da sua classificação de suscetibilidade interna (de cada critério), estes se enquadraram no parâmetro de suscetibilidade o qual havia sido mapeado anteriormente.

Quadro 22: Relação dos critérios, o mapa de suscetibilidade e os pontos

(continua)

Relação dos critérios, o mapa de suscetibilidade e os pontos						
Pontos X Critérios	Uso do solo (0,05)	Geologia (0,11)	Pedologia (0,15)	Curvatura (0,31)	Declividade (0,38)	Média
3 (Paulista) periurbano	Floresta	Formação Barreiras	Latossolos Amarelo	Retilínea/ Planar	0° 33'	1,26
	1	2	2	1	1	
	0,05	0,22	0,3	0,31	0,38	
2 (Abreu e Lima) urbano	Urbano	Formação Barreiras	Urbano	Convexa/ Divergente	3°	1,52
	3	2	1	2	1	
	0,15	0,22	0,15	0,62	0,38	
1 (Igarassu) periurbano	Lavoura temporária	Sedimentos holocênicos	Argissolo	Retilínea/ Divergente	16°	1,72
	2	1	3	1	2	
	0,1	0,1	0,45	0,31	0,76	
4 (Paratibe) urbano	Urbano	Formação Barreiras	Urbano	Côncava/ Divergente	12°	1,9
	3	2	1	2	2	
	0,15	0,22	0,15	0,62	0,76	

...

(Conclusão)

Relação dos critérios, o mapa de suscetibilidade e os pontos						
Pontos X Critérios	Uso do solo (0,05)	Geologia (0,11)	Pedologia (0,15)	Curvatura (0,31)	Declividade (0,38)	Média
5 (Pica-Pau) periurbano	Lavoura temporária	Formação Barreiras	Latossolos Amarelo	Côncava/ Convergente	22°	2,31
	2	2	2	3	2	
	0,1	0,22	0,3	0,93	0,76	
6 (Brejo) urbano	Urbano	Formação Barreiras	Urbano	Côncava/ Convergente	15°	2,21
	3	2	1	3	2	
	0,15	0,22	0,15	0,93	0,76	

Fonte: Autor

Assim, ao evidenciar os pontos 2 (Abreu e Lima) e 3 (Paulista) de baixa suscetibilidade, mesmo não havendo nenhuma discordância quando comparados à álgebra, ao mapeamento e a análise dos dados obtidos na coleta de campo, chama a atenção a elevação da média do ponto 2 (1,52) mediante a classificação do atributo da curvatura. Denunciando uma relevância significativa em meio aos deslizamentos. Porém, não apresentando suscetibilidade importante quando aparece isoladamente.

A compreensão para essa baixa suscetibilidade se complementa quando se observa o posicionamento dos pontos nas unidades geomorfológicas da área (Figura 44). Pois, o ponto 2 (Abreu e Lima) aparece na planície, enquanto que o ponto 3 (Paulista), sobre o tabuleiro, não oferecendo maiores condicionantes que promovesse ou condicionasse os deslizamentos. Entretanto, é importante salientar que o ponto 3 (Paulista) se localiza muito próximo da encosta que segrega os tabuleiros das colinas, os quais apresentam grande declives.

Tais condicionantes alicerçam a ideia de que o ponto 3 (Paulista) fora menos susceptível aos deslizamentos quando comparado ao ponto 2 (Abreu e Lima), visto que este por ter sido bastante dissecado, remobilizado e depositado, ainda consegue apresentar ondulações que sugerem encostas com geometria mais susceptível.

Ao analisar a influência de cada atributo dos pontos de suscetibilidade mediana, é evidente que para o ponto 1 (Igarassu) os condicionantes que balizaram o resultado final ficaram a cargo do Argissolo, com peso 2, e os 16° de declividade, também em peso 2 de suscetibilidade, resultando em uma média de 1,72 quando agrupada aos outros elementos. Enquanto que para o ponto 4 (Paratibe), a curvatura (0,62) e a declividade (0,76) se encarregaram de elevar a suscetibilidade para 1,9. É provável que a curvatura tenha

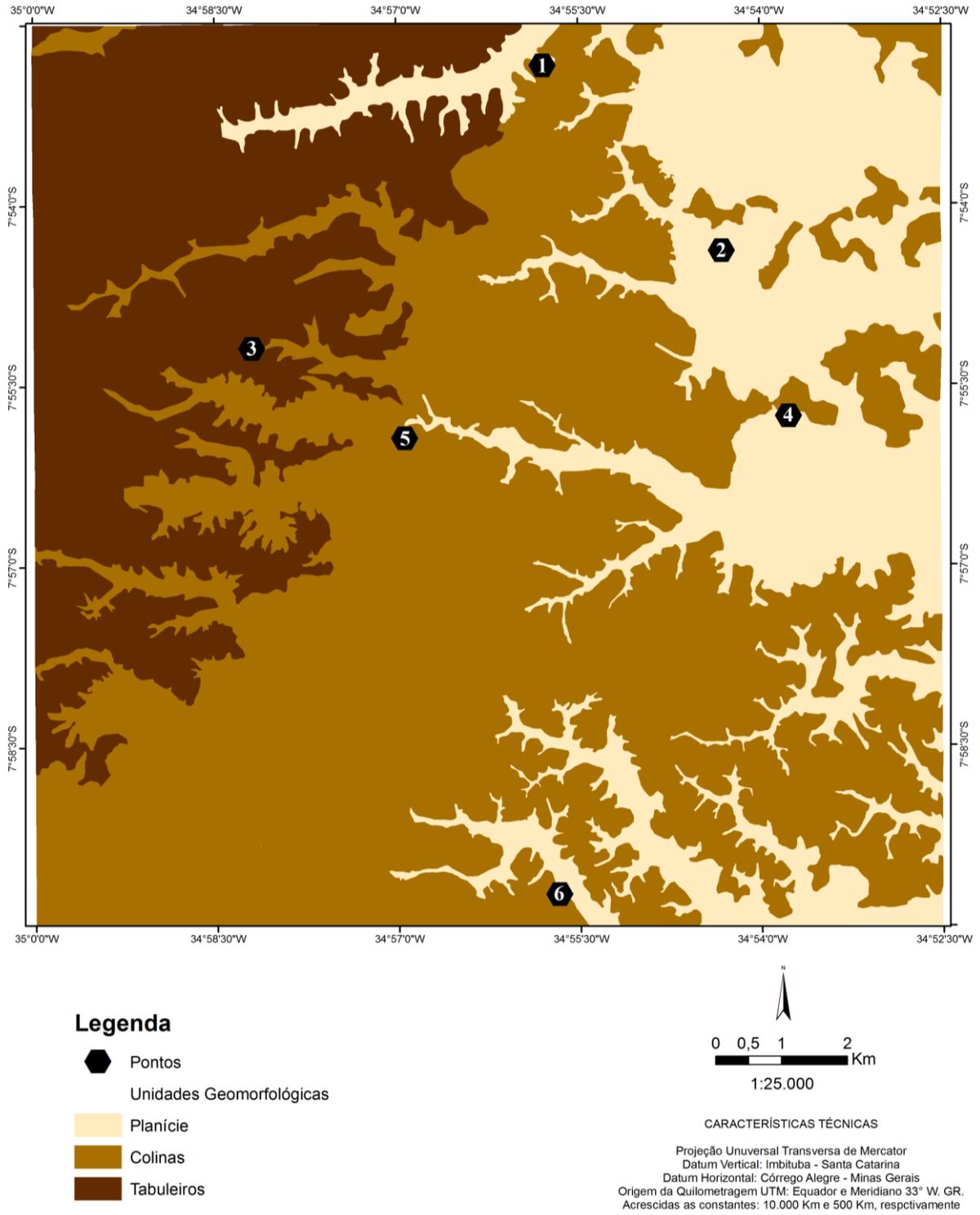
desempenhado um papel decisivo na comparação entre os dois pontos. Visto que ambos se inserem nos domínios colinosos em transição para a planície (Figura 44).

Para os locais de maior média aos deslizamentos (ponto 5 e 6), tanto a curvatura como a declividade apresentaram as mesmas proporções, assim como na localização quanto as unidade geomorfológicas (Colinas). Ficando os demais critérios responsáveis por agregar peso e inseri-los no mais alto grau de suscetibilidade. Com isso, converge a percepção de que mesmo sendo a curvatura e a declividade os critérios de maior peso na álgebra final, em uma situação onde um destes não apresente o maior grau (3) ao deslizamento, os demais critérios seriam os responsáveis por adicionar peso à álgebra para a inserção deste nível de suscetibilidade.

Porém, critério pedológico, em seus atributos, promoveu a elevação na média do ponto 5 (Pica-Pau), pois o ponto seguinte a mapeamento pedológico acusou área urbana, representando um atributo de baixo nível de suscetibilidade.

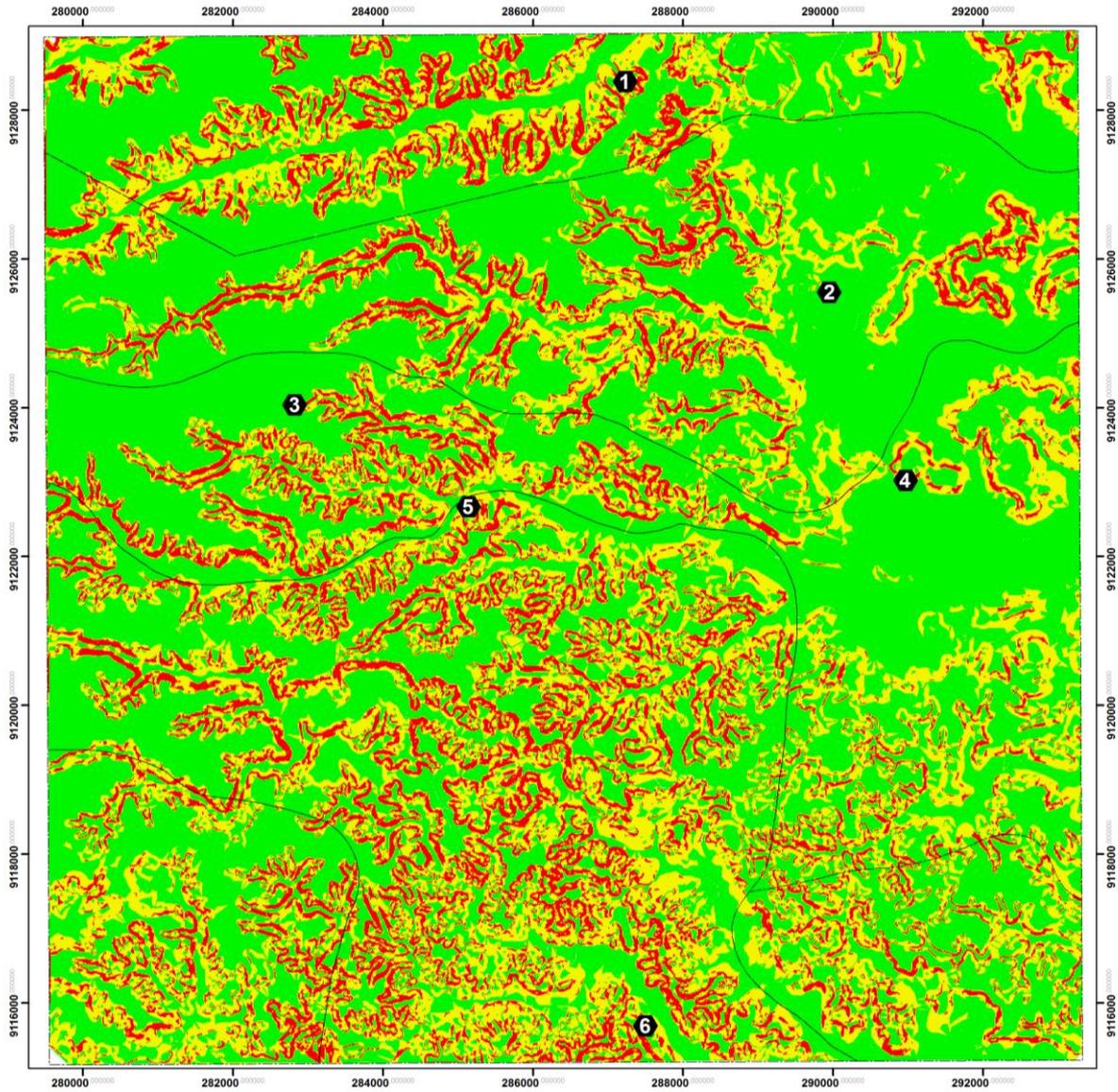
Com esses parâmetros comparativos foi possível confeccionar o mapa de suscetibilidade da folha Paulista (1:25.000) (Figura 45), sinalizando os pontos analisados, os quais foram fundamentais para ratificar o mapeamento prévios quanto às áreas mais susceptíveis aos deslizamentos.

Figura 44: Unidade Geomorfológicas da Folha Paulista (1:25.000) com os pontos de análise



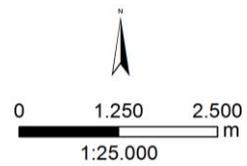
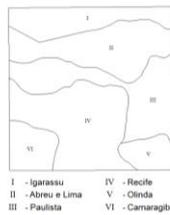
Fonte: Autor

Figura 45: Suscetibilidade a deslizamentos e os pontos analisados na Folha Paulista (1:25.000)



Legenda

Nível de Suscetibilidade	Categoria	● Ponto
1 (Baixo)	Urbano	Ponto 2 (Abreu e Lima)
	Periurbano	Ponto 3 (Paulista)
2 (Médio)	Urbano	Ponto 4 (Paratibe)
	Periurbano	Ponto 1 (Igarassu)
3 (Alto)	Urbano	Ponto 6 (Brejo)
	Periurbano	Ponto 5 (Mumbeca)



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: Imbituba - Santa Catarina
 Datum Horizontal: Córrego Alegre - Minas Gerais
 Origem da Quilometragem UTM: Equador e Meridiano 33° W. GR.
 Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente

Fonte: Autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à análise dos atributos e a confecção do material cartográfico dos critérios quanto à suscetibilidade, mostrou-se uma ferramenta de grande importância na tomada de decisão para o planejamento e a gestão territorial, disponibilizando individualmente cada elemento envolvido no processo. Uma das inferências ocorre no critério pedológico que apresentou a maior área de suscetibilidade de nível alto (45%) dentre todos os critérios, justificada pela elevada presença de Argissolos e uma porção bastante reduzida dos solos de mangue.

Porém, isoladamente, não oferece resultados satisfatórios, visto que ao analisar a suscetibilidade dos critérios de curvatura da encosta e declividade se constata que o primeiro revelou 82,16% da área no mais baixo nível de suscetibilidade e posterior, 56,45%. Apenas com a utilização da matriz de normalização da AHP foi possível verificar a real importância de cada atributo e critério, perfazendo os dois critérios supracitados, os de maior peso para a álgebra final, demonstrando que a morfodinâmica neste ambiente seria majoritariamente condicionada por esses elementos. Sobretudo, ao avaliar os pontos visitados a partir dos dados coletados que permitiu validar o mapeamento e certificar a preponderância da declividade e do tipo de geometria da encosta na deflagração dos deslizamentos.

Nesse âmbito, ocorre também a importância de investigar os outros critérios, pois mesmo estes apresentando uma classificação prévia de alta suscetibilidade aos deslizamentos, mas demonstrando valores de atributos baixos, é possível que uma determinada área apresente níveis finais contraditórios aos que representam os maiores pesos dos critérios que balizam a média final, carecendo de uma análise detalhada para elucidar quais os elementos que estão condicionando a maior suscetibilidade, mesmo este exemplo não sendo visualizado em nenhum dos pontos analisados.

Portanto, assegura-se que mediante os métodos utilizados, apesar da maior parte da área estar abarcada pela suscetibilidade aos deslizamentos em nível inferior, é importante ressaltar que esta ocorrência se explica pela elevada espacialização dos Tabuleiros e da Planície. Porém, a maior representatividade do nível de suscetibilidade mais elevado se concentra na curvatura e declividade que se interligam essencialmente nas encostas colinas ou na transição de patamar dos Tabuleiros para as Colinas.

Quanto à localização dos pontos de análise e a relação comparativa da média de suscetibilidade, observa-se que para o nível baixo e médio o ambiente urbano apresentou maiores valores. Apenas na suscetibilidade elevada que este padrão fora invertido, ficando o ponto periurbano mais susceptível aos deslizamentos. Assim, o ambiente urbano apresentou 66,7% de probabilidade aos eventos em relação aos periurbanos. Esse dado sugere duas inferências quanto à ocupação demográfica: 1 – a ocupação se fez em ambientes de suscetibilidade já significativa devido à proximidade do centro do Recife, estando essas áreas periféricas sobre as colinas e percebendo que para oeste a suscetibilidade diminui ao repousar nos tabuleiros; 2 – Corroborando com a proposta anterior, que a população agravou os condicionantes deflagradores dos deslizamentos, visto que os pontos 1 (Igarassu) e 4 (Paratibe), referentes ao nível médio, se localizam na mesma unidade geomorfológica (colinas).

Sendo assim, acredita-se que o levantamento cartográfico das áreas susceptíveis aos deslizamentos a partir da AHP, com a respectiva análise in loco de pontos amostrais, promoveu dados seguros que poderão auxiliar na gestão ambiental e desenvolvimento territorial mitigando a ocupação de áreas de níveis críticos aos deslizamentos, bem como, no monitoramento e melhor tomada de decisão para os locais já ocupados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO - CONDEPE/FIDEM. AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO - CONDEPE/FIDEM. **Abreu e Lima**. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18393234&folderId=18394117&name=DLFE-89503.pdf>. Acessado em: 05 dez. 2014.

_____. **Camaraçibe**. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18393234&folderId=18394117&name=DLFE-89536.pdf>. Acessado em: 04 dez. 2014.

_____. **Olinda**. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18393234&folderId=18394117&name=DLFE-89611.pdf>. Acessado em: 05 dez. 2014.

_____. **Paulista**. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18393234&folderId=18394117&name=DLFE-89622.pdf>. Acessado em: 05 dez. 2014.

_____. **Recife**. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18393234&folderId=18394117&name=DLFE-89632.pdf>. Acessado em: 04 dez. 2014.

ALCÂNTARA, L. M. DE. **Paulista e sua história: algumas contribuições**. Paulista: Claranto, 2002.

ALHEIROS, M. M. **Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife**. 135 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia / Instituto de Geociências, 1998.

ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F. A Formação Barreiras. In: Mabesoone, J.M. (coord.). Revisão da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do norte. **Estudos Geológicos**, Série B, p. 10: 77-88, 1991.

ALMEIDA, L. Q.; CORREA, A. C. B. Dimensões da negação dos rios urbanos nas metrópoles brasileiras: o caso da ocupação da rede de drenagem da planície do Recife, Brasil. **Geo UERJ**, v. 1, p. 114-135, 2012.

ALMEIDA, M. C. J., NAKAZAWA, A., TATIZANA, C. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos no Município de Petrópolis, RJ. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 7, Poços de Caldas, 1993, **Anais...**, 2: p. 129 – 133.

ANJOS, C.A.M.; CERRI, L.E.S; GANDOLFI, N. (1997) Situações de risco e medidas de prevenção de acidentes em encostas ocupadas na cidade de Maceió (AL), Brasil. In: PAN-AMERICAN SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, 2., / CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 2., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** São Paulo, ABMS/ABGE. v.2, p.773-782

ARAI, M. A Grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP**. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

AYALA, I. A. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. In: **Geomorphology**, n. 47. p. 107-124, 2002.

BAILLY, A.; FERRAS, R. **Éléments d'épistémologie de la géographie**. Paris: Armand Colin, 1997.

BARBOSA, J. A.; *et al.* A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. **Estudos Geológicos**, Recife, p. 13: 89-108, 2003.

BITTAR, O. Y. (Org.). **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – Instituto de Pesquisa Tecnológica, Divisão de Geologia, 1995. 247 p.

BOONSINSUK, P; YONG, R. N. Analyses of Hong Kong Residual Soil Slopes. in: **American Society of Civil Engineers**. Proceedings, Engineering and Construction in Tropical and Residual Soils. Honolulu, Hawaii, jan. 11-15, p. 463-482, 1982.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto Radambrasil**, Folhas Jaguaribe/Natal, v. 23. Rio de Janeiro, 1981. 744p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986**. Brasília: Senado Federal, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 07 de março de 2014.

_____. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Geologia e recursos minerais do estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2001.

BURTON, I.; KATES, R. W.; WHITE, G. F. **The environment as hazard**. New York: Oxford University, 1978. 240p.

CARVALHO, L. E. P. *et al.* Canais fluviais urbanos: proposta de tipologias para a Região Metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia** (Recife), v. 27, p. 68-80, 2010.

CARVALHO, L. E. P. **Os descaminhos das águas na metrópole**: a sacionatureza dos rios urbanos. 2011. 176 f. Tese (Doutorado em Geografia). – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2011.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147 p.

CASTRO, J. M. G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. Dissertação (mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. 2006, 100 p.

CASTRO, S. D. A. Riesgos y Peligros: Una visión desde la geografía. In: *Scripta Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. n. 60, 2000.

CAVALCANTI, R. M. S. **Indicadores geomorfológicos, riscos e o planejamento urbano: uma apreciação teórica integradora para a cidade do Recife – PE**. 2012. 184 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. **Boletim técnico. Análise Sinótica: 16/06/2010-00Z**. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>. Acesso em: 23 jun. 2013.

_____. **Boletim técnico. Análise Sinótica: 17/06/2010-00Z**. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>. Acesso em: 23 jun. 2013.

_____. **Boletim técnico. Análise Sinótica: 18/06/2010-00Z**. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>. Acesso em: 23 jun. 2013.

_____. **Boletim técnico. Análise Sinótica: 19/06/2010-00Z**. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>. Acesso em: 23 jun. 2013.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A.; SUGDEN, D.E. **Geomorphology**. Cambridge: Methuen, 1984, 606p.

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

_____. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: SOUZA, Maria Adélia de (Org.). **Natureza e Sociedade de Hoje: uma leitura geográfica**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 1997. p. 3-97.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999.

COLANGELO, A. C. Sobre os modelos de magnitude-frequência e de estabilidade de vertentes. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. v. 16, p. 11-23, 2005.

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE**. Fortaleza, 2003.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE – CPRH. Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife, 2003. 214p.

CORRÊA, A. C. B. Contribuição à Análise do Recife como um Geossistema Urbano. In: **Revista de Geografia**. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 23, n. 3, jul/dez. 2006.

CRUDEN, D. M. A simple definition of a landslide. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. v. 43 (1): 27-29. 1991.

DE PLOEY, J.; CRUZ, O.; MODENESI, M.C. Resistences au cisaillement et conditions de glissements de terrain à Caraguatutuba et à Campos de Jordão. **Colóquio Est. e Cart. de Form. Sup.**, São Paulo, v.1. 1978.

DEMEK, J. “Generalization of Geomorphological Maps”, in progress Made in Geomorphological Mapping, Brno, 1967.

DIKAU, R. Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v.2, n. 80, p.45-55, 1990.

ELBACHÁ , A. T.; CAMPOS, L. E. P.; BAHIA , R. F. C. Tentativa de correlação entre precipitação e deslizamentos na cidade de Salvador. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1a COBRAE, Rio de Janeiro. 1992, **Anais...**, II: p. 647-673.

ELYES, N; HOWARD, K. W. F. A hydro-chemical study of urban landslides caused by heavy rain. **Canadian Geotechnical Journal**, Scarborough Bluffs, Ontario, Canada:, v. 25, n. 1, p. 455-466. 1988.

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos - SIBICS**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

_____. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil - ZANE**. Digital. Petrolina/PE: Embrapa Solos e Sembrapa Semiárido, 2000. (Embrapa Solos. Documentos; n. 14) CD ROM.

FEIJÓ, R. L.; PAES, N. M.; D’ORSI, R. N. Chuvas e movimentos de massa no município do Rio de Janeiro. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, III COBRAE, Rio de Janeiro, 2001, **Anais...**, 1: p. 223 – 230.

FERNANDES, N. F. *et al.* Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. vol. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. cap. 3, p. 123-194.

FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. **Problemática ambiental ou problemática socioambiental? A natureza da relação sociedade/meio ambiente**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 18, p. 87-94, jul./dez. 2008.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL – FIDEM (Pernambuco). **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. Recife, 2003. 384 p.

FILHO, M. F. L. *et al.* Origem da planície do Recife. In: **Revisão Geológica da faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte**. Recife: Editora Universitária - UFPE; Série Estudos Geológicos. v. 10, p. 157-183, 1991.

FREIRE, E. S. M. Movimentos Coletivos de Solos Rochas e Sua Moderna Sistemática. **Revista Construção**, Rio de Janeiro, v. 8, p.10-18, 1965.

GERASIMOV, I. Problemas Metodológicos de la Ecologización de la Ciencia Contemporánea. In: **La Sociedad y El Medio Natural**, Editora Progreso, Moscou, 1980.

GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de Taludes, Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 2012.

GIDDENS, A. **As conseqüências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: UNESP, 1991.

GIRÃO, O. S. **Análise de processos erosivos em encostas na zona sudoeste da cidade do Recife – Pernambuco**. 2007. 305 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2007a.

GIRÃO, O. S. *et al.* Encostas urbanas como unidades de gestão e planejamento, a partir do estudo de áreas a sudoeste da Cidade do Recife/PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 24, p. 236-261, 2007b.

GIRÃO, O. S. *et al.* O papel do clima nos estudos de prevenção e diagnóstico de riscos geomorfológicos em bacias hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. cap. 5, p. 126 – 159.

GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 396 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, p. 652.

GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. n. 1080, 1976. 48p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. Edgard Blucher, 2. ed. 1984. 194 p.

GUSMÃO FILHO, J. A. 1997. Encostas Urbanas: Aspectos ambientais, Sociais e Políticos. In: Pan- American Symposium of Landslides, 2º COBRAE, 1997. Rio de Janeiro, **Anais...**, 3: p. 315 – 331.

HAMBLIM, W. K.; CHRISTIASSEN, E. H. **Earth's dynamic systems**. 8. ed. Provo, Utah Brigham Young University, 1998.

HANSEN, M. J. Strategies for classification of landslides. In: BRUNSDEN, D.; PRIOR, D. (Org.). **Slope instability**. Salisbury: John Wiley & Sons, 1984. p. 1-25.

HART, M. G. **Geomorphology: pure and applied**. London, **Allen & Unwin**, 1986, 228 p.

HUTCHINSON, J. N. General Report: Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in Relation to Geology and Hydrogeology. **5th Int. Symp. On Landslides, Lausanne**, v. 1, 1988. p. 3-35.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, n. 4, 2007. 316 p.

_____. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IGBE, n. 7, 2013. 171 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Ocupação de Encostas**. Publicação IPT, n.1831, 1991. 216p.

_____. Assessoria técnica para a estabilização de encostas, recuperação da infra-estrutura urbana e reurbanização das áreas de risco atingidas por escorregamentos na área urbana do município de Campos do Jordão, SP. **Relatório Técnico 64.399**, São Paulo, 2002.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. In: ANAIS DA ACADEMIA PERNAMBUCANA DE CIÊNCIA AGRONÔMICA, 2009, Recife. **Anais...** Recife, v. 5 e 6, 2009. p.161-179.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 7-30.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. 1. ed. Curitiba: Ed. Organic Trading. 2006. 109p.

LIMA, A. F. **Comportamento geomecânico e análise de estabilidade de Uma encosta da formação barreiras na área urbana da Cidade do Recife**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2002. 204 p.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte – base estrutural. **Estudos Geológicos UFPE**, série B, Recife, v. 10, p. 33-44, 1991.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. **Geologie en Mijnbouw**, p. 71:351-362, 1993.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. de T. **Agricultura urbana**. 1. ed . Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 25 p.

MACHADO, S. **Janelas para a História: defendendo e preservando a memória arquitetônica da Fundação Joaquim Nabuco**. Recife, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/geral/didoc/jpah-depamafundaj.pdf>> acesso em: 02 dez. 2014.

MANSO, V. A. V. *et al.* **Macrozoneamento costeiro do litoral de Pernambuco - Folha Itamaracá (SB.25- Y-C-VII)**. Recife, PE: UFPE/LGGM, 1992. 55p.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. **NATURAL HAZARDS: O ESTUDO GEOGRÁFICO DOS RISCOS E PERIGOS**. *Ambiente & Sociedade*, v. 7, n. 2 jul./dez. 2004.

MENDONÇA, F. **Geografia Socioambiental**. Terra Livre. São Paulo. n. 16, p. 139-158, 2001.

MESCERJAKOV, J. P. “Les concepts de morphostrutureet de morphosculture: un nouvel instrument de l’analyse geomorphologique”, in **Annales de Geographie**, 77e. années, n. 423, Paris, 1968.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas sobre o Nordeste do Brasil, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, **Anais...** CL00132, Rio de Janeiro.

MORAES, E. A.; SANTALIESTRA, R. Modelo de decisão com múltiplos critérios para escolha de software de código aberto e software de código fechado. In: Encontro da ANPAD, 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2007. 1 CD-ROM.

OGURA, A.; MACEDO, E. S. Procesos y riesgos geologicos. In: **II Curso internacional de aspectos geologicos de protección ambiental: notas de clases**. Montevideo: UNESCO, p. 114-137, 2000.

PARIZZI, M. G. *et al.* Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. **Geografias**. Belo Horizonte. v.6. n. 2. p. 49-68, jul/dez. 2010.

PFALTZGRAFF, P. A. S. **Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos na Região Metropolitana do Recife**. 2007. 151 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós Graduação em Geociências. Recife, 2007.

PRADA-GAMERO, R. M; VIDAL-TORRADO, P; FERREIRA, T. O. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioiga (Santos, SP). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. Viçosa, v. 28, n. 2, Mar./Abr. 2004.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 65 p.

RODRIGUES, A. M. O meio ambiente urbano: Algumas proposições metodológicas sobre a problemática ambiental. In: SILVA, J. B. (Org.). **A cidade e o urbano: Temas para debates**. Fortaleza: Editora da UFC. p. 139-152, 1997.

RODRIGUES, T. R. *et al.* Potencial de movimento de massa no município de Maceió-alagoas. **Geo UERJ** - Ano 15, n. 24, v. 1, p. 207-227, 2013.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, SP, n. 8, 1994.

_____. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. 8. ed. 3ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2010.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarquical structures. **J. Math. Psychology**, n.15, p. 234-281, 1977.

_____. **Decision Making for Leaders – The analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World**. Pittsburg: University of Pittsburg, 1995

_____. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. **RACSAM - Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat.**p. 251-318, 2008.

SANTORO, J. *et al.*. Correlação entre chuvas e deslizamentos ocorridos durante a operação do plano preventivo de defesa civil em São Paulo, SP. In: ANAIS DO 7 SIMPÓSIO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7, 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: Pr. ABGE, UEM, 2010. p. 1- 14.

SANTOS, L. D. J. **Evolução morfodinâmica e antropogênica da unidade geomorfológica restinga no bairro do Recife Antigo – PE**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SASSA, K. Geotechnical Classification of Landslides. **Landslide News**, v.3, 1989. p. 21-24.

SELBY, M. J. **Hillslope, materials and processes**. Oxford: Oxford University Press. 1990. 264 p.

_____. **Hillslope, materials and processes**.2. ed.Oxford: Oxford University Press, 1993. 451 p.

SILVA, F. B. R. *et al.* **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos – Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-ROM – (Embrapa Solos, Documentos n.35).

SHARPE, C. F. S. **Landslide and related phenomena**.Pageant, New Jarsey, 1938. 137p.

SOUZA, I. A.; LACERDA, F. F. Impacto do El Niño na safra agrícola da cana de açúcar no Estado de Pernambuco. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. 3, 1998, Salvador. **Anais**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1998. 1 CD-ROM.

SOUZA, J. L. *et al.* Compartimentação geomorfológica da planície do Recife a partir da análise dos Depósitos Quaternários. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 9., 2012, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. Disponível em: < <http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/4/4-365-122.html>> Acesso em: 24 mar. 2013.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, SP, n. 15, p. 39-49, 2004.

STOCHALAK, J. The Classification of Slope Deposit from Engineering Geological Point of View. In: International Congress of Engineering Geology, 2, 1974, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IAEG. v..2, 1974. p.V27.1-V27.12.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. **Folha Paulista**. Recife. SB.25-Y-C-VI/3-SO, 1:25.000. 1985.

TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: por que ocorrem? in: TOMINAGA, L. K; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TORRES, F. S. M. **Carta de suscetibilidade a movimentos de massa e erosão do município de Ipojuca – PE**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2014.

TRICART, J. **Géomorphologie des regions froides**. Paris, Orbis, PUF, 1963. 289 p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva**: Fundamentos e aplicações brasileiras. 1. ed. - 7ª impressão. São Paulo: Nobel. 1992. 373 p.

UNESCO WORKING PARTY ON WORLD LANDSLIDE INVENTORY (WP/WLI). **The Multilingual Landslide Glossary**. Bitech Publishers, Richmond, British Columbia, Canadá, 1994.

UVO, C. B.; BERNDTSSON, R. Regionalization and spatial properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil. **J. Geoph. Res.**, v. 101, n. D2, p. 4221-4233, 1996.

VARNES, D. J. Landslides Types and Procecesses. **Highway Research Board**, Special Report, vol. 29, 1958. 20-47 p.

_____. **Slop Movement and types and Processes**. In: Schuster, R. L. e Krizek, R. J. (eds), Landslides: Analysis and Control. Transpotation Research Board Special Report 176. **National Academy of Sciences**, Washington DC, 1978 11-33 p.

VARNES, D. J. *et al.* **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice**. 1984. 63 p.

VAINSENER, S. A. *Recife, bairro*. **Pesquisa Escolar OnLine**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife, 2009. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

VEYRET, Y. **Géo-environnement**. Paris: Sedes, 1999.

_____. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

ZARUBA, Q.; MENCL, V. **Landslides and their control: development in geotechnical engineering**. Amsterdam: Elsevier, 1982. 324 p.

WOLLE, C. M. (1980). Taludes Naturais – Mecanismos de Instabilização e Critérios de Segurança. São Paulo. 345p. Dissertação (Mestrado em), EPUSP. Apud LIMA, A. F. **Comportamento geomecânico e análise de estabilidade de Uma encosta da formação barreiras na área urbana da Cidade do Recife.** 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2002. 204 p.

WOLLE, C. M.; CARVALHO, C. S. (1989) Deslizamentos em encostas na Serra do Mar – Brasil. **Solos e Rochas**, v. 12. p. 27-36, 1989.

WOLLE, C. M.; HACHICH, W. (1989) Rain-induced landslides in southeastern Brasil. **Proceedings 12th International Conference Soil Mechanics and Foundation Engineering.** Rio de Janeiro, v.3, p. 1639-1642, 1989.

APÊNDICE A – Ficha de campo do ponto 1 (Igarassu)

FICHA DE CAMPO		Nível de suscetibilidade		Classificação	
Ponto 1 (Igarassu)		Médio		Periurbano	
Endereço:	Av. Santa Catarina – Igarassu				
Pedologia:	Argissolo	Geologia:	Sed. Hol. Aluvionares		
Localização (UTM)	Latitude		Longitude		
	9128390		287230		
Dados da Estação Total					
Altura da Estação:	1,49 m	Altura da haste:	2 m		
Pontos altimétricos coletados em metros (<i>quadro 1 = horizontal; quadro 2 = vertical</i>)					
1	31,420	11	97,375		
	31,422		100,889		
2	17,922	12	122,551		
	17,923		127,372		
3	4,608	13	130,409		
	4,615		135,653		
4 (inversão)	4,104	14	142,983		
	4,255		148,960		
5	16,076	15	156,741		
	16,804		163,424		
6	19,216	16	160,479		
	20,145		167,323		
7	37,600				
	39,224				
8	64,715				
	66,960				
9	66,447				
	68,885				
10	95,431				
	98,737				

APÊNDICE B – Ficha de campo do ponto 2 (Abreu e Lima)

FICHA DE CAMPO		Nível de suscetibilidade		Classificação	
Ponto 2 (Abreu e Lima)		Baixo		Urbano	
Endereço:	Rua Bidoca – Abreu e Lima				
Pedologia:	Área urbana	Geologia:	Barreiras		
Localização (UTM)		Latitude		Longitude	
		9125550		289947	
Dados da Estação Total					
Altura da Estação:	1,53 m	Altura da haste:	2 m		
Pontos altimétricos coletados em metros (<i>quadro 1 = horizontal; quadro 2 = vertical</i>)					
1	155,120	11	137,944		
	155,257		138,335		
2	111,879	12	138,091		
	112,004		138,481		
3	70,377	13	142,996		
	70,457		143,369		
4	38,080	14	171,349		
	38,135		171,615		
5	15,195	15	206,810		
	15,241		206,922		
6 (inversão)	15,607				
	15,613				
7	29,000				
	29,016				
8	54,687				
	54,764				
9	87,485				
	87,655				
10	104,445				
	104,696				

APÊNDICE C – Ficha de campo do ponto 3 (Paulista)

FICHA DE CAMPO		Nível de suscetibilidade		Classificação	
Ponto 3 (Paulista)		Baixo		Periurbano	
Endereço:	Unnamed Rd – Paulista				
Pedologia:	Latossolo Amarelo	Geologia:	Barreiras		
Localização (UTM)		Latitude		Longitude	
		9124020		282828	
Dados da Estação Total					
Altura da Estação:	1,43 m	Altura da haste:	2 m		
Pontos altimétricos coletados em metros (<i>quadro 1 = horizontal; quadro 2 = vertical</i>)					
1	76,129				
	76,135				
2	50,802				
	50,810				
3	31,055				
	31,061				
4	14,923				
	14,924				
5	4,238				
	4,269				
6 (inversão)	11,899				
	11,921				
7	62,155				
	62,159				
8	92,519				
	92,523				
9	132,528				
	132,532				

APÊNDICE D – Ficha de campo do ponto 4 (Paratibe)

FICHA DE CAMPO		Nível de suscetibilidade		Classificação	
Ponto 4 (Paratibe)		Médio		Urbano	
Endereço:	Acesso que interliga a rua F à rua Striagem - Paulista				
Pedologia:	Área urbana	Geologia:	Barreiras		
Localização (UTM)		Latitude		Longitude	
		9123025		290971	
Dados da Estação Total					
Altura da Estação:	1,57	Altura da haste:	2 m		
Pontos altimétricos coletados em metros (<i>quadro 1 = horizontal; quadro 2 = vertical</i>)					
1	74,057				
	75,301				
2	39,000				
	39,518				
3	26,508				
	27,070				
4	19,406				
	19,712				
5	7,801				
	7,998				
6	2,452				
	2,578				
7 (inversão)	5,071				
	5,088				
8	15,138				
	15,350				
9	28,040				
	28,883				
10	43,028				
	44,746				

APÊNDICE E – Ficha de campo do ponto 5 (Pica-Pau)

FICHA DE CAMPO		Nível de suscetibilidade	Classificação
Ponto 5 (Pica-Pau)		Alto	Periurbano
Endereço:	Estrada do Barro Branco (Km 5) - Recife		
Pedologia:	Latossolo Amarelo	Geologia:	Barreiras
Localização (UTM)	Latitude		Longitude
	9122670		285145
Dados da Estação Total			
Altura da Estação:	1,46 m	Altura da haste:	2 m
Pontos altimétricos coletados em metros (<i>quadro 1 = horizontal; quadro 2 = vertical</i>)			
1	6,331		
	6,879		
2	7,875		
	8,809		
3	9,198		
	10,535		
4	19,812		
	22,036		
5	27,115		
	30,187		
6	33,491		
	37,244		
7	40,279		
	44,682		
8	49,142		
	54,102		
9	55,134		
	60,678		

APÊNDICE F – Ficha de campo do ponto 6 (Brejo)

FICHA DE CAMPO		Nível de suscetibilidade		Classificação	
Ponto 6 (Brejo)		Alto		Urbano	
Endereço:	Rua Campestre – Recife				
Pedologia:	Área urbana	Geologia:	Barreiras		
Localização (UTM)		Latitude		Longitude	
		9115663		287464	
Dados da Estação Total					
Altura da Estação:	1,42 m	Altura da haste:	2 m		
Pontos altimétricos coletados em metros (<i>quadro 1 = horizontal; quadro 2 = vertical</i>)					
1	22,455	11	28,706		
	22,933		30,073		
2	19,919	12	42,963		
	20,407		45,439		
3	18,854	13	52,429		
	19,334		55,252		
4	16,591	14	66,218		
	16,928		69,618		
5	11,549	15	86,377		
	11,808		90,900		
6	5,173	16	117,665		
	5,397		123,038		
7	2,977	17	144,466		
	3,058		150,185		
8	1,725	18	177,788		
	1,764		183,183		
9 (inversão)	6,230	19	206,036		
	6,750		210,922		
10	14,161				
	14,802				