



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



RAFAEL DA CRUZ

MORFODINÂMICA DE PRAIAS E PROCESSOS EROSIVOS INTRAURBANOS NO MUNICÍPIO DE ARACAJU/SE



Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos
São Cristóvão - SE
2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



RAFAEL DA CRUZ

**MORFODINÂMICA DE PRAIAS E PROCESSOS EROSIVOS INTRAURBANOS NO
MUNICÍPIO DE ARACAJU/SE**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEO, da Universidade Federal de Sergipe – UFS, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Análise geoambiental e Ordenamento do território.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos
São Cristóvão - SE
2023

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Cruz, Rafael da
C957m Morfodinâmica de praias e processos erosivos intraurbanos no
município de Aracaju/SE / Rafael da Cruz; orientador Hélio Mário de
Araújo. – São Cristóvão, SE, 2023.
157 f.: il.

Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal
de Sergipe, 2023.

1. Geografia. 2. Erosão de praias – Aracaju (SE). 3. Costa –
Proteção. 4. Solos – Erosão – Aracaju (SE). 5. Solo – Uso – Planejamento –
Aracaju (SE). 6. Paisagens – Proteção. 7. Geologia ambiental. I. Araújo,
Hélio Mário de, orient. II. Título.

CDU 911.3:504.121(813.7)(210.5)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



RAFAEL DA CRUZ

**MORFODINÂMICA DE PRAIAS E PROCESSOS EROSIVOS INTRAURBANOS NO
MUNICÍPIO DE ARACAJU/SE**

Dissertação de Mestrado submetida à apreciação da Banca Examinadora no dia 27 de fevereiro de 2023, constituída pelos professores doutores:

**Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo
(Orientador)**

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO/UFS)

Prof. Dr. José Wellington Carvalho Vilar

Examinador Titular Interno ao Programa (PPGEO/UFS)

Prof. Dr. Heleno dos Santos Macedo

Examinador Titular Externo a UFS do Programa de Pós-Doutorado em Geografia Física da
Universidade de São Paulo (USP)

São Cristóvão/SE, fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora Santana (*minha padroeira*) por ter me concedido força, saúde, sabedoria e todas as graças conferidas para realização deste trabalho.

A minha mãe, Maria Francelina que buscou com todos os esforços me proporcionar uma educação de qualidade para que eu pudesse chegar onde cheguei, conquistando passo a passo, na realização dos meus sonhos, tornando-se uma das maiores responsáveis pela consolidação deste objetivo. Obrigado por tudo que a senhora me proporcionou até hoje. A minha filha Rayssa pelo incentivo diariamente, a minha irmã Valdice por todo o apoio, desde o primeiro momento que cheguei na universidade, ao meu cunhado Ricardo Maia pela contribuição e incentivo no desenvolvimento da pesquisa, aos demais familiares que torcem sempre por mim nessa caminhada, meu muito obrigado por tudo.

Agradeço especialmente ao “Professor, Orientador e amigo” Dr. Hélio Mário de Araújo, pelo apoio, atenção, sugestões, orientação, conselhos e toda a sua dedicação para o meu desempenho acadêmico e crescimento como pessoa, buscando sempre da melhor maneira possível me mostrar o melhor caminho para seguir, portanto, sou eternamente grato por todo o apoio que me proporcionou a cada dia e pela contribuição para a realização desse e demais objetivos acadêmicos e de vida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) pelo conhecimento e experiências compartilhadas nessa minha trajetória acadêmica.

Agradeço aos professores Dr. José Wellington Carvalho Vilar e Dr. Heleno dos Santos Macedo pela gentileza e disponibilidade em aceitar o convite e participar da Banca examinadora da dissertação e pelas contribuições atribuídas.

Aos colegas do Grupo de pesquisa em Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO), do qual faço parte na condição de pesquisador associado.

Aos amigos e colegas de graduação e pós-graduação pelos bons momentos vividos, trocas de conhecimentos e convivência nas viagens de campo e demais atividades desenvolvidas.

Aos amigos que encontrei dentro da Universidade que de maneira direta contribuíram muito para a concretização deste trabalho, especialmente a Elmo Araújo pelas risadas e por todo o apoio em várias atividades de campo realizadas durante o desenvolvimento deste trabalho, porém iniciadas no PIBIC em 2014/2015 quando fui bolsista de Iniciação Científica pelo CNPQ sob a orientação do prof. Hélio Mário.

Aos amigos e colegas de trabalho do Centro Educacional Prado Meireles e EMEF Araceles pela confiança e incentivos ao desenvolvimento do meu trabalho.

Por fim, aos amigos de longas datas, os quais torcem por mim constantemente e muito contribuíram para o meu crescimento pessoal. Enfim, minha eterna gratidão a todos, que acreditaram e me apoiaram em meio aos momentos mais críticos, não permitindo que eu fraquejasse. Um sincero MUITO OBRIGADO!

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aracaju - localização geográfica no Estado, 2021.....	05
Figura 2: Roteiro Metodológico norteador da pesquisa.....	06
Figura 3: A) - Alinhamento transversal de balizas para verificação da diferença altimétrica entre os dois pontos cotados; B) Medição transversal do estirância e do distanciamento entre as balizas nos desníveis topográficos com o uso da fita métrica; C) Fita métrica utilizada para medição transversal da faixa de praia; D) GPS de navegação para marcação e georreferenciamento de pontos.....	09
Figura 4: Litoral de Aracaju, pontos de coleta e monitoramento, 2022.....	10
Figura 5: A) - Bússola geológica utilizada para aferição da declividade de face praial; B) Sedimentos arenosos coletados em praia para análise granulométrica.....	10
Figura 6: Coleta de amostra de sedimentos arenosos em profundidade mínima da plataforma continental. Praia do Robalo.....	11
Figura 7: A e B - Medições morfométricas de feições erosivas em campo no bairro Cidade Nova.....	13
Figura 8: Equipamentos utilizados em laboratório para análise granulométrica dos sedimentos coletados em praia: A) Agitador eletromagnético com peneiras granulométricas para separação dos sedimentos arenosos; B) Balança analítica para pesagem dos sedimentos e C) Estufa de esterilização e secagem de sedimentos com controlador de temperatura automático.....	15
Figura 9: Faixa de nebulosidade sobre Sergipe associada a atuação da ZCIT ocasionando chuvas no Litoral Centro (Aracaju), em março de 2008.....	36
Figura 10: VCAN atuando sobre a região Nordeste interferindo em Sergipe.....	37
Figura 11: A, B, C e D – Aracaju, Precipitação pluviométrica mensal 1990, 1997, 2004 e 2010.....	39
Figura 12: Aracaju, Chuva Acumulada em 24 h dos dias 23/24 de maio de 2017.....	40
Figura 13: Área do Bairro Jardins afetada pelo transbordamento das águas pluviais em canal retificado, com as chuvas concentradas do mês de maio de 2017.....	41
Figura 14: Alagamento de ruas durante as chuvas concentradas em maio de 2017, Bairro Treze de Julho.....	41
Figura 15: Alagamento de rua com invasão de águas das chuvas e lama nas residências do Bairro Santa Maria.....	42
Figura 16: Aracaju – Geologia de superfície, 2023.....	44
Figura 17: Sedimentos terrígenos do Grupo Barreiras constituído de cascalhos, areias finas e grossas e níveis de argilas, nas proximidades da Av. Gen. Euclides Figueiredo, Bairro Porto Dantas.....	45
Figura 18: Bosques de mangues (<i>Rhizophora mangle</i>) nas margens do rio Poxim próximo ao Parque dos Cajueiros. Ao fundo, avista-se o Bairro Coroa do Meio.....	46
Figura 19: Depósitos de pântanos e mangues nas margens do riacho Palame, afluente da margem direita do rio do Sal, Bairro Soledade. Na baixada pantanosa observa-se o processo de ocupação pela população de baixa renda.....	47
Figura 20: Aracaju - Geomorfologia, 2023.....	49
Figura 21: A - Trecho da planície costeira de Aracaju, na praia de Aruana, com as dunas litorâneas do TECARMO/PETROBRAS, fragmentos de restinga e os terraços marinhos holocênicos atuais.....	50
Figura 21: B - Dunas embrionárias margeando a linha de costa parcialmente fixadas pela vegetação herbácea – posição a sotavento da praia do Havaizinho, Bairro Atalaia.....	50
Figura 21: C - Dunas mais internas semifixadas pela vegetação herbácea e arbóreo/arbustiva na retaguarda da Av. Inácio Barbosa, praia de Aruana.....	50

Figura 21: D - Vista aérea da Zona de Expansão de Aracaju: 1 – Sucessão de Cordões Litorâneos; 2 – Paleolagunas e lagoas freáticas.....	51
Figura 22: Relevo colinoso de perfil arredondado localizado entre a Av. Gen. Euclides Figueiredo e a rua Santa Terezinha, abrangendo áreas dos Bairros Japaozinho e Cidade Nova.....	51
Figura 23: Relevo de topo convexo dissecado em litologia argilosa do Grupo Barreiras, predominando as cores vermelho-acastanhado e amarelada devido a mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita - bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.....	52
Figura 24: Ao fundo, bordo oeste do Morro do Urubu na zona norte de Aracaju abrangendo extensa área do Bairro Porto Dantas.....	52
Figura 25: Desmonte de morro de topo arredondado para construção de condomínio fechado no Bairro Japaozinho, zona norte de Aracaju.....	53
Figura 26: Aracaju - Solos, 2023.....	54
Figura 27: Perfil dos Argissolos Vermelho Eutróficos localizado após a comunidade do Coqueiral, Bairro Porto Dantas.....	55
Figura 28: Paisagem litorânea típica de restinga e relevo plano da classe dos Espodossolos. Ao fundo cordão de dunas continentais fixadas por vegetação herbácea e arbórea-arbustiva, extremidade sul de Aracaju Povoado Mosqueiro.....	56
Figura 29: Gleissolos Sálícos exposto na borda de mangue do riacho Palame, coincidindo com a planície de maré inferior. Avista-se ao fundo o Conjunto Bugio.....	57
Figura 30: Ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos em ambiente praial, retropraia do Havaizinho no Bairro Atalaia.....	57
Figura 31: Aracaju, Suscetibilidade a erosão linear e Ocorrências erosivas, 2023.....	59
Figura 32: A) - Associações de praias e dunas na praia dos Artistas: salsa-de-praia (<i>Ipomea pes-caprae</i>) e grama da praia (<i>Sporobulus virginocus</i>); B, C e D) vegetação de Restinga na planície costeira: Zona de Expansão, Bairros Coroa do Meio e Farolândia, E) vegetação de mangue (<i>Rhizophora mangle</i>) na margem esquerda do rio Poxim, Bairro Treze de Julho próximo a confluência com o rio Sergipe.....	60
Figura 33: Limites e setores do sistema praial.....	61
Figura 34: Aracaju - Variação do posicionamento da linha de costa – 1970/2016.....	64
Figura 35: A e B - Sinais evidentes de erosão costeira severa abrangendo trecho da praia dos Artistas e margem direita do rio Sergipe, Bairro Coroa do Meio.....	65
Figura 36: Molhe construído na margem esquerda do rio Sergipe para conter o processo erosivo, Barra dos Coqueiros.....	66
Figura 37: Praça de eventos da Orla de Atalaia parcialmente destruído pelo impacto da erosão em 2008. Observa-se o avanço da deposição sedimentar edificando um cordão dunar na área erodida.....	67
Figura 38: A e B - Destruição de trecho final da rodovia José Sarney pela erosão costeira, praia do Mosqueiro.....	68
Figura 39: A e B - Obras contensivas para amenização do processo erosivo severo na margem direita do rio Sergipe até as imediações do pontal arenoso, Bairro Coroa do Meio.....	69
Figura 40: A – Feições deposicionais com a presença de berma; B – Tronco de árvores exposto na praial.....	70
Figura 41: Dunas embrionárias frontais com espraçamento de vegetação herbácea.....	70
Figuras 42: A) Nível de ocupação na faixa de praia; B) Nível de ocupação no ambiente de pós-praia, frente litorânea.....	71
Figura 43: Dunas frontais embrionárias de baixo porte altimétrico. Posição a sotavento.....	71

Figura 44: A - Nível de ocupação na faixa de praia; B - Nível de ocupação no ambiente de pós-praia, frente litorânea.....	72
Figura 45: A - Área vegetada de restinga arbórea-herbácea e terraços de praia; B - Tronco de árvores exposto na face praial; C - Nível de ocupação na faixa de praia.....	73
FIGURA 46: Avanço da vegetação como geoindicador de tendência a estabilidade erosiva, praia do Robalo, Aracaju.....	74
Figura 47: Nível de ocupação na faixa de praia.....	75
Figura 48: A e B – Remanescentes de estruturas fixas expostos na face praial evidenciando os efeitos da erosão costeira severa.....	75
Figura 49: A e B - Geoindicadores de estabilidade erosiva expostos na faixa de praia, praia do Mosqueiro.....	76
Figura 50: Extensa área de mangue nas cercanias do Farol de São Cristóvão.....	77
Figura 51: Ampla área de retropraia vegetada na praia do Havaizinho.....	78
Figura 52: Ampla área de retropraia parcialmente vegetada na praia da Aruana.....	79
Figura 53: Ampla área de retropraia parcialmente vegetada mostrando o baixo nível de ocupação na praia do Mosqueiro.....	79
Figura 54: Comprimento transversal do estirâncio medindo 166,3 m no ponto de coleta e monitoramento, estação primavera, praia do Mosqueiro.....	80
Figura 55: Comprimento transversal do estirâncio medindo 180,5 m no ponto de coleta e monitoramento, estação outono, praia do Viral.....	81
Figura 56: A, B, C, D, E, F - Comportamento dos perfis topográficos de acordo com as estações do ano.....	85
Figura 57: Distribuição granulométrica dos sedimentos arenosos da face praial.....	86
Figura 58: Evolução de cicatrizes erosivas sob o efeito do escoamento laminar e linear nos dois níveis da encosta (transição de sulcos para ravinas – estágio 1), Conjunto residencial Santa Lúcia no Bairro Jabotiana.....	88
Figura 59: Evolução de feições erosivas sob o efeito do escoamento laminar e linear nos dois níveis da encosta (transição de sulcos para ravinas – estágio 1), Av. Gen. Euclides Figueiredo, Bairro Japaozinho.....	88
Figura 60: Formação de sulcos evidenciando o início do escoamento superficial sobre o material saturado da encosta. Rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.....	89
Figura 61: Evolução do escoamento superficial pela concentração do fluxo de água no interior de voçoroca originada após movimento gravitacional de massa associado aos escorregamentos translacionais (estágio 2) no bordo leste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.....	90
Figura 62: Efeitos do escoamento superficial concentrado evidenciando processo inicial de ravinamento (estágio 1) em encosta íngreme da rua D, Bairro Cidade Nova.....	90
Figura 63: Efeitos do escoamento superficial concentrado em encosta íngreme da rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.....	91
Figura 64: Morro de topo convexo com sulcos e ravinas em processo de evolução pela ação do escoamento superficial concentrado (estágio 2), Bairro Santa Maria.....	92
Figura 65: A e B – Formação de ravinas e microrravinas denunciando processo erosivo mais crítico do estágio 2 com tendência ao voçorocamento em encostas de topo convexo no bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas. Predomínio das cores vermelho-amarelada devido à presença de óxido de ferro, silício e alumínio.....	93

Figura 66: Formação de ravinas nos terços superior e médio do Morro do Avião, denunciando processo erosivo mais crítico. Na extensão da encosta, observa-se o dismantelamento de blocos de arenito consolidado acumulados na base, Bairro Santa Maria.....	94
Figura 67: Formação de ravinas denunciando processo erosivo mais crítico em encosta localizada na rua São Francisco do Bairro Cidade Nova.....	94
Figura 68: Situação da mesma encosta ravinada em 2023 (Fig. 67), evidenciando perdas significativas de sedimentos arenoargilosos pela intensificação da erosão na sua extremidade noroeste, com maior alargamento e aprofundamento das ravinas 1 e 2.....	94
Figura 69: A e B – Vista panorâmica de encostas sem o revestimento da cobertura vegetal, exibindo o desenvolvimento de microrravinas (terceiro estágio), entre as ruas D e São Francisco no Bairro Cidade Nova.....	95
Figura 70: Formação de microrravinas com cabeceiras em processo de equilíbrio dinâmico (quarto estágio), em encostas situadas na rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.....	96
Figura 71: Situação da mesma encosta (2023 - Fig. 70) evidenciando intensificação do processo erosivo com perdas significativas de sedimentos.....	96
Figura 72: Encosta de topo convexo exibindo microrravinas com cabeceiras denunciando o quarto estágio do processo evolutivo, bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.....	97
Figura 73: Sulcos e Ravinas no interior de voçoroca originada após movimento gravitacional de massa associado aos escorregamentos translacionais indicando rotas de organização do escoamento superficial concentrado, no bordo leste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.....	98
Figura 74: A, B, C e D – Segmentos de uma mesma voçoroca, no sentido topo/base, evidenciando estágio avançado do processo erosivo no Bairro Cidade Nova.....	99
Figura 75: A e B – Segmentos de uma mesma voçoroca evidenciando estágio avançado do processo erosivo.....	100
Figura 76: A e B – Medições morfométricas (largura, comprimento e profundidade) de uma mesma voçoroca em estágio avançado de evolução com segmento ravinado, Bairro Cidade Nova.....	100
Figura 77: Escorregamento de terra translacional em período chuvoso no Alto da Jaqueira, Bairro Cidade Nova.....	101
Figura 78: A e B – Deslizamentos de terra no período chuvoso, expondo risco para as residências assentadas no terço superior, em encosta localizada na Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, Bairro América.....	102
Figura 79: Queda de blocos de arenitos depositados nos terços médio e inferior de encosta ravinada na rua D do Bairro Cidade Nova.....	103
Figura 80: A e B – Queda de blocos de arenito depositados nos terços médio e inferior de encosta intemperizada com pouca participação da cobertura vegetal. Rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.....	104
Figura 81: Imagem aérea evidenciando processo erosivo acelerado em área de intervenção pública estadual para ampliação da pista do aeroporto no Bairro Santa Maria.....	108
Figura 82: Ocupação irregular no terço médio e inferior da encosta e processo de ravinamento associado ao escoamento superficial concentrado no Bairro Porto Dantas.....	108
Figuras 83: Intervenção do Estado no desmonte de morros para construção de habitações populares na Comunidade Coqueiral, Av. Gen. Euclides Figueiredo, Bairro Porto Dantas.....	109
Figura 84: A e B – Construções recentes na parceria da Caixa Econômica Federal com a iniciativa privada através de construtoras e incorporadoras. Av. Gen. Euclides Figueiredo no trecho entre a Comunidade Coqueiral (Porto Dantas) e o Bairro Japaozinho.....	110

Figura 85: Conjunto Residencial Senador José Eduardo Dutra inaugurado no ano de 2016, construído na planície fluviomarinha do rio do Sal em área de supressão de mangue e antigos viveiros, Bairro Porto Dantas.....	110
Figura 86: Degraus de patamares dos taludes para controle dos processos erosivos.....	112
Figura 87: Implantação de infraestrutura para o controle da erosão no Morro do Avião, Bairro Santa Maria.....	114
Figura 88: A e B - Obra de contenção do Morro do Avião no Bairro Santa Maria.....	115
Figura 89: C -Plantio de gramado para conter a erosão no topo e encostas do Morro do Avião, Bairro Santa Maria.....	116
Figura 90: A – Obras de contenção da encosta na Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, no Bairro América.....	117
Figura 91: B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M, N - Implementação da técnica de bioengenharia de solos como medida preventiva dos processos erosivos na encosta da Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, Bairro América.....	118
Figura 92: A – Encosta da Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, posicionada no sentido centro de Aracaju. No limite da encosta tem-se os quintais das residências construídas na base, algumas delas verticalizadas. Observa-se em B e C escadas de acesso para facilitar o deslocamento da população residente no terço superior.....	119
Figura 93: Situação atual da encosta na Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, no Bairro América.....	121
Figura 94: Muro de arrimo em encosta de baixo declive na Av. Antônio Barbosa de Jesus, Bairro Japaozinho.....	122
Figura 95: Muro de arrimo como obra de contenção aos escorregamentos translacionais em encosta de morro na rua D do Bairro Cidade Nova.....	123
Figura 96: Muro de gabião como obra de contenção aos escorregamentos translacionais em encosta de morro na rua D do Bairro Cidade Nova.....	123

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Registro dos níveis das marés nos dias selecionados para a atividade de campo.....	08
Tabela 2 – Aracaju, Precipitação pluviométrica mensal, 1990-2010.....	38
Tabela 3 – Aracaju, Precipitação pluviométrica mensal, 2014-2017.....	40
Tabela 4 – Aracaju, Avaliação de Danos com as chuvas de 2009 na Zona Norte.....	43

ÍNDICE DE QUADRO

Quadro 1 - Classificação dos estágios morfodinâmicos conforme a declividade da face da praia.....	32
Quadro 2 - Aracaju – solos e seu potencial de vulnerabilidade aos processos erosivos, 2022.....	58
Quadro 3 - Litoral de Aracaju, largura transversal da face praial de acordo com as estações, 2021/2022.....	81
Quadro 4: Litoral de Aracaju, classificação do estágio morfodinâmico conforme a declividade da face de praia, 2022.....	83
Quadro 5 - Aracaju - Distribuição e tipologia dos riscos geomorfológicos na zona norte, 2009/2011.....	104
Quadro 6 - Obras Convencionais de Contenção de Encostas.....	113

RESUMO

O espaço urbano se apresenta como uma das maiores expressões de transformação do meio físico. Uma delas é o desenvolvimento da erosão acelerada com a quebra do equilíbrio ambiental pelas atividades humanas. Para todos os casos, o uso e o manejo inadequado do solo urbano e/ou rural levam a ocorrência de processos erosivos acelerados, muitas vezes de caráter irreversível. Aracaju não fugindo a regra dos demais centros urbanos em expansão, vem ao longo do tempo apresentando problemas relacionados a erosão tanto na zona costeira, quanto na zona intraurbana, sobretudo nas encostas localizadas nas porções norte, oeste e sul da cidade que se constituem em áreas potenciais de risco para a população mais carente. Neste contexto, a pesquisa, em termos gerais, visou analisar a morfodinâmica costeira e os processos erosivos intraurbanos no município de Aracaju, na perspectiva de contribuir para a implementação de políticas públicas que compatibilizem a natureza com a sociedade direcionando a gestão territorial local no processo de ocupação e uso do solo. Para cumprimento dos objetivos, no decorrer da investigação utilizou-se a Teoria Geral dos Sistemas como método de abordagem, articulada com a análise quali-quantitativa. Os procedimentos metodológicos conduzidos em etapas distintas, basearam-se no levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros; trabalho de campo, com registro fotográfico e trabalho de gabinete, com análise laboratorial. Dentre outros resultados, constatou-se que na zona costeira a ocupação nas proximidades da linha de costa, desde o início desordenada, contribuiu para a intensificação do processo erosivo, com maiores ocorrências nas desembocaduras dos rios Sergipe (Praia dos Artistas - Coroa do Meio) e Vaza Barris (Praia do Viral - Mosqueiro) onde a destruição causada pelo movimento das ondas e dinâmica das marés caracterizam a ação do balanço sedimentar negativo. No espaço intraurbano municipal, a ação erosiva ganha expressividade nas encostas que exibem feições em estágios diferenciados de evolução (*sulcos, ravinas e voçorocas*) indicando possibilidades de riscos para a população que as ocupam e das suas proximidades. Conclui-se, portanto, que o litoral do município em diversas escalas temporais vem experimentando avanços e recuos da linha de costa demonstrando tendência à progradação, à estabilidade e à erosão em graus de exposição e vulnerabilidade física bem diversificados, sendo perceptível a manifestação do fenômeno erosivo severo e em grau moderado nas desembocaduras fluviais e em alguns pontos específicos gerando déficits no balanço sedimentar. No espaço intraurbano as localidades potencialmente favoráveis ao desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas devem contemplar, na elaboração da carta Geotécnica, estudos de suscetibilidade à erosão permitindo orientações não somente de caráter preventivo contra o surgimento de voçorocas, mas, também, como condição básica para a correta concepção e o sucesso de obras de correção quando o processo erosivo já está instalado.

Palavras-Chave: Erosão costeira; Perfil de praia; Encostas urbanas; Feições erosivas; Aracaju.

ABSTRACT

The urban space presents itself as one of the greatest expressions of physical environment transformation. One of them is the development of accelerated erosion with the breaking of the environmental balance by human activities. In all cases, the improper use and handling of urban and/or rural soil lead to the occurrence of accelerated erosion processes, which are often irreversible. Aracaju, following the rule of other expanding urban centers, has been presenting over time problems related to erosion both in the coastal zone and in the intra-urban area, mainly on the slopes located in the north, west, and south regions of the city, which constitute areas of risk potential for the poorest population. In this context, the research, in general terms, aimed to analyze the coastal morphodynamics and intra-urban erosion processes in Aracaju, to contribute to the implementation of public policies that reconcile nature with society, directing local territorial management in the process of soil occupation and use. To fulfill the objectives, during the investigation, the approach used was the General Theory of Systems, associated with the qualitative and quantitative analysis method. The methodological procedures, executed in different stages, were based on a bibliographic survey, as well as cartographic documents and other files; fieldwork, photographic records, and office work with laboratory analyses. Among other results, it was verified that in the coastal zone, the occupation along the coast, disorderly from the beginning, contributed to the intensification of the erosion process, with greater incidences in the mouths of the Sergipe rivers (Praia dos Artistas - Coroa do Meio) and Vaza Barris (Praia do Viral - Mosqueiro), where the destruction caused by the movement of waves and dynamics of the tides characterizes the action of the negative sediment budget. In the municipal intra-urban space, the erosive action gains expressiveness on the slopes that exhibit features in different stages of evolution (*furrows, ravines, and gullies*), which indicates possible risks for the population that occupies them and their surroundings. Thus, it can be concluded that the coastline of the municipality in different time scales has been experiencing advances and retreats of the coastline, demonstrating a tendency to progradation, stability, and erosion in very diversified degrees of exposure and physical vulnerability, being perceptible the manifestation of the phenomenon severe erosive to a moderate degree at the river mouths and at some specific points, generating deficits in the sediment budget. In the intra-urban space, potentially favorable locations for the development of furrows, ravines and gullies should include, in the preparation of the Geotechnical Map, studies of susceptibility to erosion, allowing guidelines not only of a preventive nature against the beginner of gullies, but also as a fundamental condition for the correct conception and success of correction building works, when the erosion process is already installed.

Keywords: Coastal erosion; Beach profile; Urban slopes; Erosive features; Aracaju.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	01
Questões norteadoras e Objetivos.....	03
Recorte espacial da pesquisa.....	04
Etapas e procedimentos metodológicos.....	05
Levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros.....	06
Trabalho de campo, com registro fotográfico.....	08
Trabalho de gabinete, com análise laboratorial.....	14
1. A TEORIA SISTÊMICA COMO ABORDAGEM METODOLÓGICA INTEGRADORA E AS BASES CONCEITUAIS SOBRE PAISAGEM E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA COSTEIRA	16
1.1 A investigação do objeto na perspectiva da abordagem sistêmica.....	16
1.2 Paisagem como categoria de análise no contexto dos sistemas ambientais físico/naturais.....	20
1.3 Erosão costeira e transformações da paisagem litorânea.....	25
1.3.1 Variações morfológicas praias.....	28
1.3.2 Perfil de praia.....	29
1.4 Transformações no ambiente urbano: processos erosivos e cicatrizes associadas.....	32
2. OS ELEMENTOS FÍSICO-NATURAIS NA DINÂMICA AMBIENTAL COSTEIRA E INTRAURBANA DE ARACAJU.....	35
2.1 O clima na escala do município.....	35
2.2 Geologia da Província Costeira e Margem Continental.....	43
2.3 Domínios ambientais urbanos da paisagem geomorfológica.....	48
2.4 Solos: ambiente e principais características.....	53
2.5 Espécies fitogeográficas adaptadas ao sistema ambiental urbano.....	60
3. MORFODINÂMICA DE PRAIAS DISSIPATIVAS E OS PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS NO LITORAL COSTEIRO DE ARACAJU.....	62
3.1 Sistema praial e os agentes oceanográficos na dinâmica litorânea.....	62
3.2 Erosão costeira e tendência da linha de costa a vulnerabilidade física.....	64
3.3 Perfil e estágios morfodinâmicos sazonais das praias arenosas oceânicas.....	78
4. PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS DE RISCO DE EROSÃO POR RAVINAS E VOÇOROCAS NO ESPAÇO INTRAURBANO DE ARACAJU.....	88
4.1 Os processos morfogenéticos na origem e evolução das feições erosivas.....	88
4.2 Feições erosivas do Grupo Barreiras nas zonas norte, oeste e sul.....	92

5. INTERVENÇÃO DO ESTADO NO CONTROLE E PREVENÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EROSÃO URBANA EM ARACAJU.....	106
5.1 O papel do Estado no processo de ocupação e degradação do solo urbano.....	106
5.2 Controle e prevenção dos processos erosivos urbanos em áreas de risco geomorfológico.....	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	128

INTRODUÇÃO

O espaço urbano se apresenta como uma das maiores expressões de transformação do meio físico. Uma delas é o desenvolvimento da erosão acelerada com a quebra do equilíbrio ambiental pelas atividades humanas. Para todos os casos, o uso e o manejo inadequado do solo urbano e/ou rural levam a ocorrência dos processos erosivos acelerados, muitas vezes de caráter irreversível.

Nas áreas urbanas os prejuízos decorrentes dos processos erosivos são incalculáveis pelo caráter catastrófico inerente as áreas envolvidas, colocando em risco moradias e equipamentos de infraestrutura face aos insucessos das obras de controle quando são implementadas pelo poder público.

Aracaju não fugindo a regra dos demais centros urbanos em expansão, vem ao longo do tempo apresentando problemas relacionados a erosão tanto na zona costeira, quanto nos espaços intraurbanos, sobretudo nas encostas esculpidas no Grupo Barreiras localizadas nas porções norte, oeste e sul que se constituem em áreas potenciais de risco para a população mais carente.

Como em várias outras cidades de médio porte, Aracaju vem presenciando nas últimas décadas um grande crescimento de sua malha urbana. Esse crescimento, por sua vez, gera impactos ambientais com reflexos notáveis sobre os sistemas geomorfológicos. O desrespeito às leis ambientais e o mau planejamento acabam interferindo diretamente no equilíbrio dinâmico em escala local, criando situações de retomada de erosão linear e voçorocamentos de encostas próximas as áreas de ocupação urbana, bem como na zona costeira afetada pela erosão marinha e que tem sido alvo de ocupação desenfreada pela população atraída pelo turismo e lazer.

Uma das maiores preocupações da humanidade, atualmente, são os problemas ambientais, fato que tem provocado no meio acadêmico pesquisas e debates em diversos níveis de escalas. A análise da paisagem na concepção sistêmica onde o ambiente é visto como resultado das relações entre os componentes naturais e sociais tem fundamentado as pesquisas ambientais e subsidiado políticas para o meio ambiente, além de possibilitar a criação de medidas de controle e/ou prevenção frente a modelos econômicos despreocupados com o uso sustentável dos recursos naturais.

Como se não bastasse essa situação exposta, é certo que as atividades produtivas humanas deixam marcas profundas e, por vezes, complexas de serem entendidas. A relação homem-natureza altera profundamente os sistemas naturais em que essas atividades humanas

se desenvolvem. Por isso, o entendimento dessa relação se tornou de fundamental importância para se verificar até que ponto chegaram as alterações desses cenários ambientais.

Neste sentido, a análise da morfodinâmica costeira e dos processos erosivos na malha intraurbana da cidade, visa à constatação da dinâmica a que está sujeita a área contígua do município de Aracaju, contribuindo direta ou indiretamente para identificar e equacionar os problemas ambientais, possibilitando direcionar as ações da sociedade para possíveis soluções que cada cenário oferece.

Reitera-se, por fim, que a presente pesquisa como importante contribuição acadêmica aos estudos erosivos e morfodinâmicos desse recorte do litoral sergipano, sob o viés geomorfológico, fornece bases consistentes para a projeção das respostas do meio físico com a introdução de elementos antrópicos no sistema costeiro e urbano, possibilitando a gestão pública do município de Aracaju melhor direcionar o gerenciamento do ambiente costeiro e intraurbano, no que se refere ao uso e ocupação, na perspectiva de estabelecer uma relação equilibrada entre a natureza e sociedade.

Para melhor compreensão da proposta investigativa desta pesquisa, a dissertação está estruturada em capítulos, como segue:

Apresenta-se, em caráter introdutório, um panorama geral sobre o tema abordado, sequenciado pelas questões norteadoras de pesquisa, os objetivos, a localização geográfica do objeto e as etapas dos procedimentos técnicos e operacionais.

O **capítulo 1** aborda o método aplicado nos estudos integrados da natureza e as bases teórico-conceituais de sustentação a investigação do objeto, contemplando os seguintes tópicos: A investigação do objeto na perspectiva da abordagem sistêmica; Paisagem como categoria de análise no contexto dos sistemas ambientais físico/naturais; Erosão costeira e transformações da paisagem litorânea e as transformações no ambiente urbano: processos erosivos e cicatrizes associadas.

O **capítulo 2** apresenta os elementos físico/naturais na dinâmica ambiental costeira e intraurbana de Aracaju, de fundamental importância para a compreensão e embasamento das análises dos processos erosivos.

No **capítulo 3**, discute-se a modelagem costeira na extensão da linha de costa do município de Aracaju a partir da morfodinâmica praial e dos processos erosivos e deposicionais associados em curto e médio prazos.

O **capítulo 4** trata dos processos erosivos em áreas de risco de erosão por ravinas e voçorocas no espaço intraurbano das zonas norte, oeste e sul de Aracaju onde a ação erosiva

ganha expressividade nas encostas evoluídas sobre o Grupo Barreiras com baixo e/ou moderado grau de intervenção humana.

No **capítulo 5**, aborda-se o papel do Estado na ocupação e degradação do solo urbano, bem como as técnicas preventivas no controle dos processos erosivos continentais.

Nas considerações finais, enfatiza-se entre outros aspectos, a necessidade de elaboração da carta geotécnica nos estudos preventivos de erosão urbana, a fim de subsidiar diagnósticos de suscetibilidade à erosão, bem como da necessidade do planejamento e gestão para adoção de medidas eficazes de reordenamento territorial no processo de ocupação e uso do solo em Aracaju.

Questões norteadoras e Objetivos

A busca de explicações para o desenvolvimento desta pesquisa está expressa nas seguintes questões:

- a) Quais alterações ocorreram na fisiografia do sistema praial do Litoral Centro de Sergipe no período entre janeiro de 2021 a janeiro de 2023?
- b) Quais as relações existentes entre as interferências antropogênicas e as variações na dinâmica natural do sistema praial do município de Aracaju?
- c) As alterações no posicionamento da linha de costa do município de Aracaju no período 1970/2016, tem alguma relação direta com a intensificação do processo de ocupação humana?
- d) Como os agentes externos modeladores do relevo interferem na formação e evolução das feições erosivas desenvolvidas em locais específicos do espaço intraurbano de Aracaju?
- e) As pressões antrópicas nas encostas do Grupo Barreiras influenciam na origem e evolução das cicatrizes erosivas?
- f) Existem ações do poder público estadual e/ou municipal para controlar e/ou prevenir os impactos ambientais decorrentes da erosão urbana em Aracaju?

Em termos gerais, a presente pesquisa visou analisar a morfodinâmica costeira e os processos erosivos intraurbanos no município de Aracaju, na perspectiva de contribuir para a implementação de políticas públicas que compatibilizem a natureza com a sociedade e direcione a gestão territorial local no processo de ocupação e uso do solo.

De modo específico, pretendeu-se:

- a) Verificar o comportamento dos agentes oceanográficos, elementos físico-naturais e antrópicos na dinâmica interativa dos sistemas ambientais na zona costeira do município de Aracaju, com rebatimento nas praias arenosas no segmento da linha de costa;
- b) Analisar em curto e médio prazos, os processos erosivos e deposicionais na costa litorânea do município de Aracaju, para verificação de tendência da linha de costa a vulnerabilidade física (erosão, acumulação ou estabilidade) e de possíveis mudanças de comportamento espacial na escala temporal de 1970 a 2023;
- c) Caracterizar o perfil e estágios morfodinâmicos sazonais das praias arenosas oceânicas do município de Aracaju;
- d) Identificar as feições erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas), bem como os estágios evolutivos desenvolvidos nas encostas dos tabuleiros situadas nas zonas norte, oeste e sul de Aracaju;
- e) Verificar a relação dos agentes externos modeladores do Grupo Barreiras e suas interferências no processo evolutivo das feições erosivas, sem perder de vista a relação sociedade/natureza;
- f) Analisar o papel do Estado no processo de ocupação e degradação do solo urbano, bem como as medidas de controle e prevenção implementadas para mitigação dos processos erosivos costeiros e continentais.

Recorte espacial da pesquisa

Aracaju, capital do estado de Sergipe, localiza-se na região Nordeste do Brasil, possuindo dimensões territoriais de 181,8 km². O município, pela posição geográfica privilegiada na zona costeira do Estado, integra o Litoral Centro, inserindo-se no Território da Grande Aracaju (SEPLAG, 2016) e Mesorregião do Leste Sergipano (IBGE, 2000). Posiciona-se entre as coordenadas geográficas 10° 50' 0" e 11° 10' 0" de latitude Sul e 37° 10' 00" e 37° 00' 00" de longitude Oeste e desembocaduras dos rios Sergipe, na extremidade norte e Vaza-Barris, na extremidade sul, abrangendo cerca de 24 km de extensão da linha de costa.

Em sua porção norte, limita-se com o rio do Sal que o separa do município de Nossa Senhora do Socorro. Na extremidade sul, limita-se com o rio Vaza Barris. A oeste, com os

municípios de São Cristóvão e Nossa Senhora do Socorro e a leste, com o rio Sergipe e Oceano Atlântico (ARAÚJO, 2006 – Figura 1). Dados prévios do IBGE (2022), confirmam para o município crescimento pouco expressivo da população estimada em 605.309 habitantes.

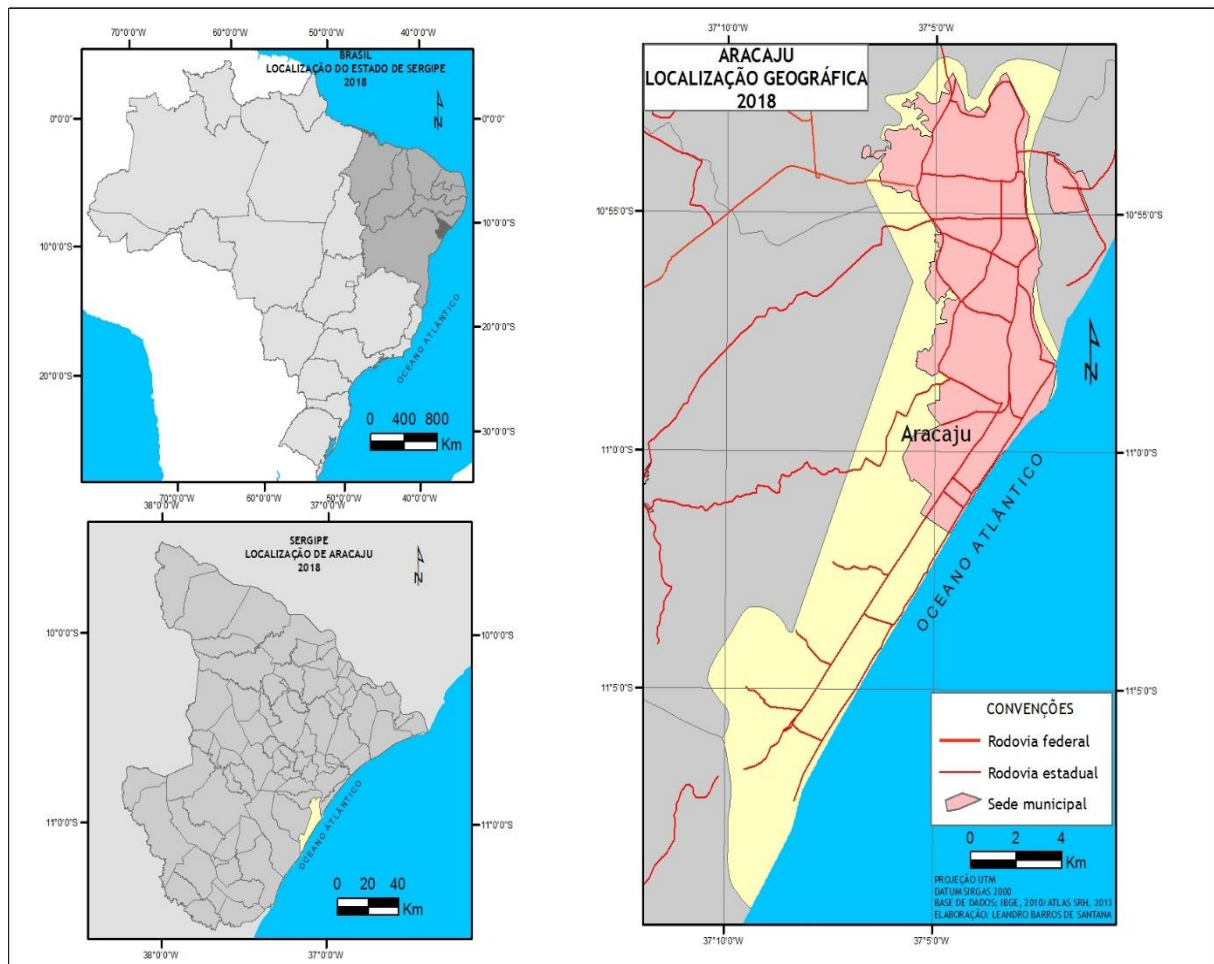


Figura 1: Aracaju - localização geográfica no Estado, 2023.

Etapas e procedimentos metodológicos

Para facilitar o andamento da pesquisa, evitando o comprometimento dos resultados, considerou-se como marco temporal para avaliação dos processos erosivos costeiros e o consequente posicionamento espacial da linha de costa, o intervalo entre 1970 e 2016 (médio prazo), com atualizações até 2023 (curto prazo) e feições erosivas intraurbanas 2021/2023.

Os procedimentos investigatórios foram conduzidos em três etapas distintas: Levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros; Trabalho de gabinete, com análise de laboratório e Trabalho de campo, com registro fotográfico, conforme apresentado na figura 2 e detalhamento seguinte.

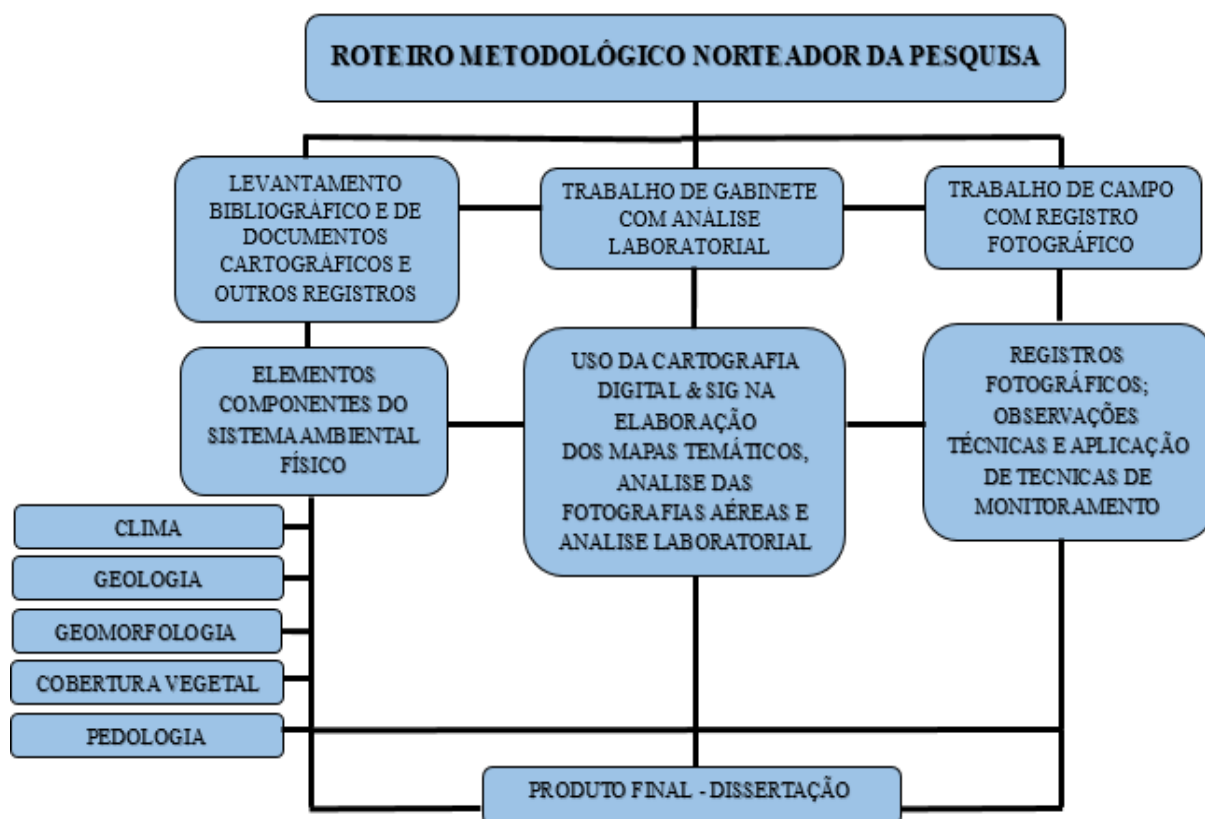


Figura 2: Roteiro Metodológico norteador da pesquisa.

Elaboração: Rafael da Cruz, 2022.

Levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros

Nessa primeira etapa, fez-se o levantamento do acervo bibliográfico para fundamentação das bases teórico/metodológicas visando a sustentação científica da pesquisa. Buscou-se na literatura nacional e internacional autores clássicos e atuais contemplando as abordagens sistêmica e dinâmica da paisagem costeira e continental, a fim de se perceber na linha do tempo o processo evolutivo no campo das ideias para melhor delinear o estudo empírico na zona litorânea e espaço intraurbano do município de Aracaju. Priorizou-se, portanto, leituras de artigos científicos publicados em periódicos qualificados, através do acesso remoto ao Portal de Periódicos da Capes, capítulos de livros, monografias e outras fontes de informações que discorreram sobre a temática proposta. Como suporte de apoio para a sistematização do conhecimento nessa fase, elenca-se por fim, o acesso ao Repositório Institucional e Base de Dados da Universidade Federal de Sergipe, de modo específico a página da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações local – BDTD/UFS e nacional – BDTD/IBCT, além da consulta ao Sistema Integrado de Bibliotecas da UFS – SIBIUFS.

Em órgãos governamentais da administração pública, fez-se o levantamento da cartografia disponível em bases digital e analógica sobre diferentes épocas e escalas (mapas, cartas), além das fotografias aéreas e imagens de satélite disponíveis para subsidiar na análise multitemporal da dinâmica costeira, dos elementos físico-naturais, do cadastramento das ocorrências de ravinas e voçorocas, e bem assim avaliar o comportamento espacial em médio prazo da linha de costa, utilizando como indicador para o mapeamento em laboratório e em trabalho de campo a linha de preamar máxima, identificada nas fotografias aéreas e imagens de satélite como limite entre a areia seca e areia molhada. Destaca-se, entre os principais órgãos, a Secretaria de Estado Geral de Governo – SEEG, através da Superintendência Especial de Planejamento, Monitoramento e Captação de recursos – SUPERPLAN/Observatório de Sergipe, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMARH/SE, Empresa Municipal de Obras e Urbanização - EMURB/SE, Capitania dos Portos de Sergipe, Prefeitura municipal de Aracaju, entre outros.

As informações sobre as propriedades dos elementos físico-naturais foram adquiridas em formato analógico e digital, envolvendo os aspectos Climáticos, Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos e Fitogeográficos.

Para complementação do estudo do clima, priorizou-se analisar os dados de pluviometria mensal e anual de Aracaju das décadas de 1990/2010 e dos anos de 2014/2017, dispensando os demais elementos climáticos de forma individualizada no capítulo dos elementos físico-naturais, pela influência mais direta da água no desencadeamento dos processos erosivos atuantes nas encostas. Essas e outras informações sobre as condições meteorológicas associadas a dinâmica da atmosfera regional e local, foram adquiridas na INFRAERO e nos postos pluviométricos de Aracaju através da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário do Estado de Sergipe - EMDAGRO/SE, do Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe - CEMESE/SE e do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Os estudos geológicos forneceram elementos para o conhecimento da natureza e composição da geologia de superfície, cujos dados foram extraídos do mapa geológico do estado de Sergipe elaborado na escala de 1:250.000, publicado em 1998 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, e do Mapa Geoambiental de Aracaju elaborado na escala de 1:20.000, em 2004, pela Secretaria de Planejamento de Aracaju - SEPLAN.

As informações de geomorfologia, basearam-se nas investigações de campo, em leituras sobre as unidades geomorfológicas e domínios ambientais locais, além da interpretação de mapas existentes de hipsometria e declividade do terreno em escala média que permitiram caracterizar o relevo.

Em relação às informações pedológicas, utilizou-se a classificação de Solos do Estado de Sergipe, representada no mapa elaborado na escala de 1:200.000, executado pela Companhia de Desenvolvimento do Estado de Sergipe – CONDESE, e do levantamento e reconhecimento do solo de Sergipe representados no mapa elaborado na escala de 1:400.000, executados em 1975 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, com adequação da Classificação de solos oficialmente usada no Brasil a partir de 1999, bem como a taxonomia estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS (EMBRAPA, 2018).

Trabalho de campo, com registro fotográfico

Na realização do trabalho de campo para verificação da erosão costeira, fez-se o monitoramento do ambiente praial afim de averiguar o comportamento da morfodinâmica, levando-se em consideração as quatro estações (primavera/verão e outono/inverno), priorizando os meses diferenciados. Os dias foram selecionados com base nas Tábuas de Marés fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN da Marinha Brasileira, com dados da estação maregráfica da Capitania dos Portos de Sergipe. Na execução dessa atividade, considerou-se os horários de níveis de marés baixas de sizígias devido à exposição máxima do estirâncio (Tabela 1).

Tabela 1: Registro dos níveis das marés nos dias selecionados para a atividade de campo.

Dia/Mês/Ano	Hora	Alt. (m)
26/05/2021	10h17min	0.1m
08/09/2021	11h22min	0.1m
04/12/2021	10h14min	0.1m
19/03/2022	11h11min	0.2m

Elaboração: Rafael da Cruz, 2022.

Com o auxílio de um receptor GPS de navegação, independentemente do nível da maré, registrou-se o posicionamento da linha de costa atual através do caminhar no seguimento de praia.

Os registros das topografias dos perfis de praia foram realizados de acordo com os horários de baixa-mar das marés de sizígia, cujo levantamento se procedeu através do *método das balizas de Emery (1961)*, extremamente eficiente e preciso para se obter perfis emersos de uma praia. A técnica consistiu no uso de duas balizas de 1,5 m graduadas em centímetros do topo à base, alinhadas transversal à praia em direção ao mar, tendo uma referência física para cada perfil. Assim, para conhecer a diferença de altura estabelecida entre os dois pontos dos perfis, alinhou-se as duas balizas, projetando uma linha imaginária que liga a linha do horizonte

ao topo da baliza mais baixa e observou-se o quanto a baliza mais alta esteve acima da linha imaginária através da leitura da escala métrica e, com uma trena, fez-se a medição da distância entre as balizas a cada 20 metros, somadas posteriormente. Os dados dos desníveis topográficos aferidos e das distâncias equivalentes a cada um deles, foram lançados em uma planilha de campo para facilitar a elaboração dos perfis de praias sazonais (Figura 3, A, B, C e D).



Figura 3: A) Alinhamento transversal de balizas para verificação da diferença altimétrica entre os dois pontos cotados; B) Medição transversal do estirâncio e do distanciamento entre as balizas nos desníveis topográficos com o uso da fita métrica; C) Fita métrica utilizada para medição transversal da faixa de praia; D) GPS de navegação para marcação e georreferenciamento de pontos.

Crédito: Rafael da Cruz, 2022.

Para a aplicação e monitoramento desta técnica foram escolhidos 6 (seis) pontos na extensão da linha costa do município de Aracaju entre as desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-Barris, abrangendo as praias dos Artistas, Havaizinho, Aruana, Robalo, Mosqueiro e Viral (Figura 4).

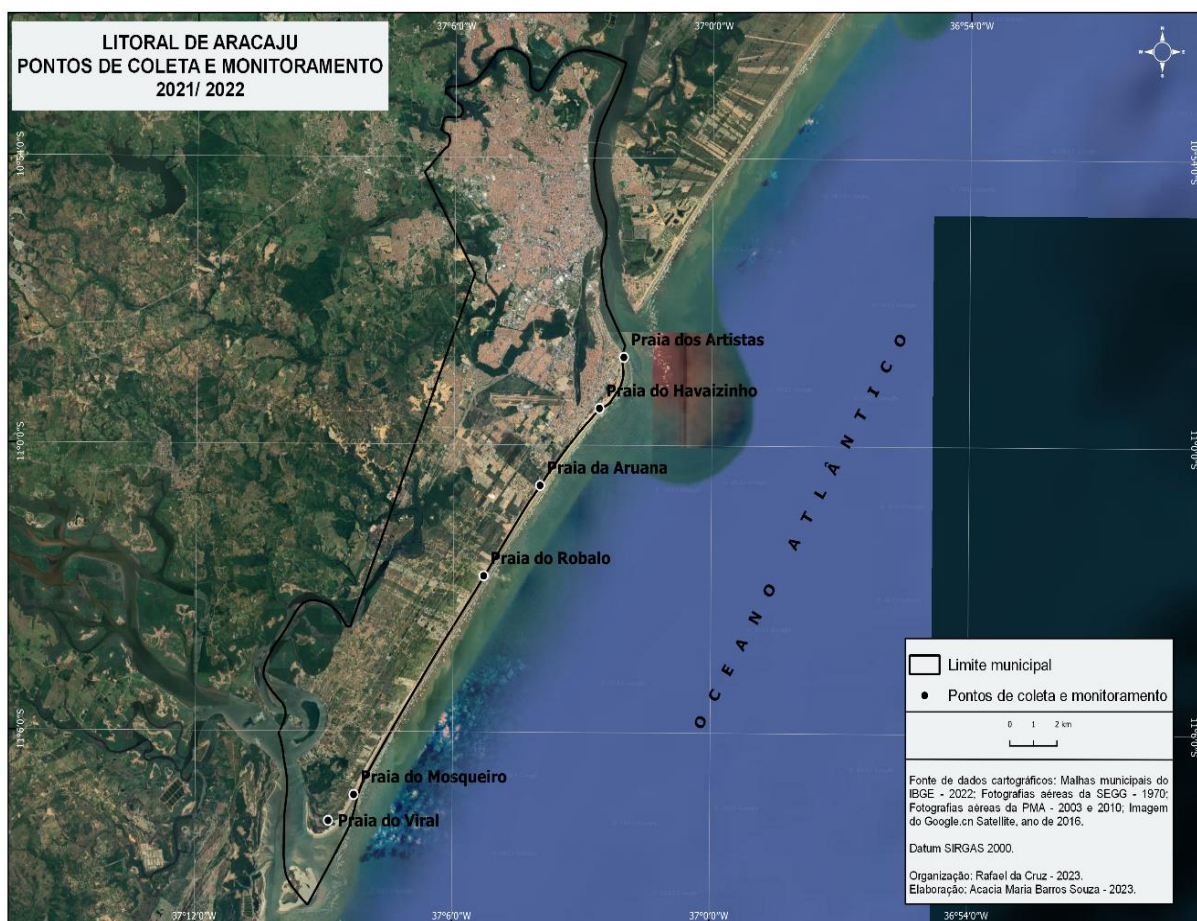


Figura 4: Litoral de Aracaju - pontos de coleta e monitoramento, 2022.

Os pontos marcados em campo, foram georreferenciados com auxílio do GPS de navegação e identificados com marcos físicos de concreto para controle preciso da posição dos perfis. Após registro inicial das coordenadas geográficas e/ou UTM e altimetria dos perfis topográficos transversais, na sequência, aferiu-se a declividade de face da praia a cada 20 metros utilizando o nível da bússola geológica. No último local de marcação da declividade, adentrando a plataforma continental interna, em profundidade mínima, coletou-se em saco plástico apropriado, 20 (vinte) amostras com o mínimo de 100 g de sedimentos arenosos (Figuras 5 A e B e 6). Essas amostras foram catalogadas por data e local e levadas ao laboratório para realização da análise granulométrica.



Figura 5: A) Bússola geológica utilizada para aferição da declividade de face praial; B) Sedimentos arenosos coletados em praia para análise granulométrica.



Figura 6: Coleta de amostra de sedimentos arenosos em profundidade mínima da plataforma continental. Praia do Robalo.

Crédito: Rafael da Cruz, 2022.

Observa-se ainda que, para melhor visualização e apreensão dos estágios morfológicos dinâmicos diagnosticados nos 6 pontos de edição dos perfis praias sazonais, criou-se um quadro comparativo no *Microsoft Office Word*, versão 2019 com os dados da declividade de face praias coletados em campo, para enquadramento do estágio morfodinâmico de acordo com a classificação proposta por Klein (1997).

Para a análise do comportamento espacial da linha de costa em curto prazo, adotou-se a metodologia apresentada por Bush *et al*, (1999); Souza & Suguio (2003) e Bird (2008), baseada na identificação dos indícios de erosão, estabilidade e progradação da linha de costa e do nível de ocupação humana nas suas proximidades, conforme os seguintes geoindicadores:

- a) EROSAO – ausência de vegetação; estruturas artificiais na linha de costa e na praia; ausência de dunas, com frequência de sobrelevagem (*overwash*); dunas escarpadas; vegetação efêmera ou escassa ao longo da linha de escarpa;
- b) ESTABILIDADE – escarpas inativas, desenvolvimento recente de vegetação, início da formação de feições deposicionais;
- c) PROGRADAÇÃO – presença de feições deposicionais como bermas e terraços de praia, desenvolvimento de dunas frontais e pós-praia vegetada.

Uma planilha foi elaborada, a partir desses geoindicadores físicos da praia/linha de costa, com inserção de outros aspectos importantes para complementação da análise, tais como: aspectos gerais (praia, data, ponto, horário, coordenadas geográficas e/ou UTM, altitude);

características com observações específicas (tendência atual a progradação, equilíbrio, trechos em erosão e situação nas proximidades das desembocaduras fluviais); nível de ocupação humana (inexistente, baixo, médio e alto, padrão residencial); elaboração de croqui do perfil praial e observações gerais do sistema praial (Anexos).

A referida planilha foi preenchida na atividade de campo nos 6 (seis) pontos estabelecidos para o levantamento dos perfis praiais.

No estudo das feições erosivas esculpidas nas encostas do Grupo Barreiras, fez-se o trabalho de campo no período outono/inverno totalizando 8 (oito) visitas que possibilitaram monitorar e descrever sobre as interferências dos processos morfogenéticos e antrópicos na produção das áreas de maior concentração dos focos erosivos. Assim, considerou-se para efeito de monitoramento as cicatrizes que se encontravam em estágio inicial e/ou médio de degradação passível de intervenção e recuperação.

O método utilizado na delimitação de áreas com diferentes suscetibilidades à erosão por ravinas e voçorocas, baseou-se, apenas, na análise qualitativa devido ao pouco tempo disponível para a pesquisa no mestrado, sem prejuízo no grau de confiabilidade dos resultados de acordo com o nível de profundidade requerido, uma vez que a opção pela mensuração dos processos erosivos com aplicação de modelos empíricos por equações da perda de solos demandaria um período maior de monitoramento e controle na evolução das incisões erosivas. Baccaro (1993), a propósito, sugere um tempo de observação superior a dois anos, abrangendo ainda mais a dinâmica climática e processual, propiciando uma integração e correlação mais efetiva de dados. Diante disso, nessa abordagem metodológica, contemplou-se a análise integrada da paisagem, ponderando-se o comportamento das águas e incidências de sulcos, ravinas e voçorocas em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, abrangendo as seguintes etapas:

a) **Cadastramento das ocorrências de ravinas e voçorocas**, por meio de interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite QuickBird. As ocorrências identificadas nas imagens e em campo foram localizadas e georreferenciadas em mapa base, constituindo-se no mapa de ocorrências de ravinas e voçorocas;

b) **Elaboração numa mesma escala, de mapas temáticos de geologia, geomorfologia e pedologia**. Na interpretação do mapa geológico, priorizou-se distinguir as diferentes litologias agrupadas em função do seu comportamento frente aos fenômenos de ravinamentos e voçorocamentos. No mapa geomorfológico, buscou-se as áreas homogêneas quanto aos sistemas/formas de relevo e feições geomorfológicas associadas, e no mapa pedológico o

agrupamento de solos com características comuns em relação à profundidade, textura, gradiente e organização textural;

c) **Correlação da distribuição de ravinas e voçorocas** com diferentes tipos de rochas, relevos e solos, estabelecendo relações espaciais entre esses dados;

d) **Levantamento de campo**, onde buscou-se identificar o comportamento diferenciado dos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos em relação ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas, cujas observações privilegiaram o comportamento hidráulico diferenciado das vertentes em relação à evolução dessas feições erosivas (Figura 7). Nesta fase, utilizou-se a caderneta de campo, câmera fotográfica digital para registro *in loco* das ocorrências, fita métrica para medições morfométricas e GPS para marcação de pontos de coordenadas geográficas;



Figura 7 A e B: Medições morfométricas de feições erosivas em campo no bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz, 2022.

e) **Definição de critérios de distinção de classes de suscetibilidade**, contemplando diferentes níveis de predisposição dos terrenos em relação a ravinamentos e voçorocamentos e sensibilidade à ocupação do solo.

Salienta-se, por fim, que não havendo um consenso unificado na literatura geomorfológica sobre o critério dimensional adotado para classificação das feições erosivas pelas peculiaridades de cada lugar, nesta pesquisa, procurou-se seguir a opinião mais consensual dos especialistas, tomando por base a concepção de Carvalho *et al.* (2006) que consideram sulcos os pequenos canais de até 10 cm de profundidade. As ravinas incisões erosivas superiores a 10 cm de profundidade, limitando-se até 50 cm e Voçorocas feições erosivas com maiores alargamentos e profundidades superiores a 50 cm.

Trabalho de gabinete, com análise laboratorial

Nesta etapa, fez-se uso do geoprocessamento para tratamento e processamento das fotografias aéreas, imagens de satélite e elaboração dos mapas temáticos, bem como o armazenamento do cadastro das feições erosivas, e outros documentos cartográficos que se mostraram importantes no processo de comunicação gráfica.

As técnicas e métodos computacionais levadas a efeito no geoprocessamento, com apoio da Cartografia Digital, subsidiaram no agrupamento de dados espaciais a partir de informações fornecidas por um Sistema de Informação Geográfica - SIG, que facilitou a sistematização de informações georreferenciadas e confecção dos mapas temáticos do meio físico (Geologia, Geomorfologia e pedologia) e de Suscetibilidade a erosão linear e ocorrências erosivas, elaborados numa mesma base cartográfica e escala, através do sistema de projeção UTM e SIRGAS 2000 Zona 24S, com a base de dados disponibilizada no Atlas de Recursos Hídricos de Sergipe (versão 2013), elaborado pela Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe (SRH/SE). Para isso, utilizou-se o software ArcGis 3.10.10, versão A Coruña, como uma das geotecnologias mais apropriadas no tratamento computacional dos dados geográficos, disponibilizado no Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento da Secretaria do Estado de Planejamento, Orçamento e Gestão de Sergipe (SEPLOG).

Com o uso do SIG ArcGis 3.10.10, versão A Coruña, fez-se as importações das fotografias aéreas correspondentes ao ano de 1971, na escala de 1:70.000, executadas pela TERRAFOTO; e das imagens de satélite do *Google.cn* relativas aos anos de 2003, 2010 e 2016, com posterior correção do *datum* horizontal de SAD 1969 para SIRGAS 2000. Posteriormente, retificou-se o georreferenciamento das imagens de satélite tomando como referência as fotografias aéreas do ano de 2004, na escala de 1:10.000, executadas pela Secretaria de Planejamento do Governo de Sergipe - SEPLAG/SE, as quais compõem a base cartográfica do litoral do estado de Sergipe. No georreferenciamento buscou-se o auxílio do SIG *QuantumGis* versão 3.10.10 A Coruña, em cuja etapa, permitiu que as imagens de satélite e as fotografias aéreas fossem sobrepostas quando necessário, para facilitar a análise evolutiva da dinâmica costeira. A quantificação do balanço sedimentar se deu pela medição da distância da linha de costa de 1971, 2003, 2010 e 2016 através do SIG Qgis, versão Hannover 3.16, utilizando-se a ferramenta medição que possibilitou a aferição entre um ponto e outro.

Para a representação temática das variações no posicionamento espacial da linha de costa, fez-se um mapeamento geral para todo litoral do município de Aracaju, com recortes espaciais específicos, visando resguardar a riqueza de detalhamento na visualização do

fenômeno erosivo, e com isso, evitar recair no campo das generalizações devido a escala de representação da informação.

As amostras dos sedimentos coletados em campo para análise granulométrica em laboratório, foram, inicialmente, lavadas para a retirada dos sais solúveis e, em seguida, colocadas num recipiente de alumínio e levadas até a estufa para secagem a uma temperatura de 50°C. Após secagem, foram submetidos ao processo de quarteamento despejando a amostra sobre uma superfície formando um cone. Cortou-se o cone em quatro partes iguais e coletou-se o material de dois quartos opostos entre si. Este procedimento foi repetido até a obtenção da amostra no peso desejado.

Com a secagem e quarteamento, as amostras foram submetidas a técnica do peneiramento, sendo utilizadas peneiras com diferentes aberturas de suas malhas seguindo as normas da ABNT. Nas aberturas mais grossas, objetivou-se a identificação de fragmentos de conchas ou pedaços de rochas, e nas aberturas menores, a identificação do maior peso predominante na fração areia (muito grossa, grossa, média, fina ou muito fina). Depois de colocados nas peneiras, os sedimentos foram agitados permitindo a passagem ou retenção nas aberturas das malhas. Os sedimentos de cada peneira foram retirados e pesados.

Após o peneiramento e a anotação dos pesos retidos em cada peneira, analisou-se os resultados utilizando-se o software *Gradistat* adequado para calcular estatísticas de tamanho de partículas para dados granulométricos de peneira ou laser. Além disso, os resultados obtidos com a análise granulométrica foram dispostos em uma tabela no *Microsoft Office Excel*, versão 2019 e construído um gráfico de coluna 3D 100% empilhada, comparando a distribuição anual dos diferentes tipos de granulometria encontrados para cada ponto de coleta (Figura 8 A, B, C e D).



Figura 8: Equipamentos utilizados em laboratório para análise granulométrica dos sedimentos coletados em praia: A) Agitador eletromagnético com peneiras granulométricas para separação dos sedimentos arenosos; B) Peneiras granulométricas; C) Balança analítica para pesagem dos sedimentos e D) Estufa de esterilização e secagem de sedimentos com controlador de temperatura automático.

Fonte: Laboratório de Estudos Ambientais – LEA, Departamento de Geografia da UFS, Campus São de Cristóvão.

1 – A TEORIA SISTÊMICA COMO ABORDAGEM METODOLÓGICA INTEGRADORA E AS BASES CONCEITUAIS SOBRE PAISAGEM E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA COSTEIRA

A pesquisa está pautada na abordagem sistêmica que visa entender o fenômeno de forma integrada. Na discussão teórico-metodológica buscou-se fundamentar o método a partir de autores que analisam a paisagem e a dinâmica geomorfológica costeira/continental na perspectiva da integração dos fatos, como segue:

1.1 – A investigação do objeto na perspectiva da abordagem sistêmica

Entende-se a abordagem sistêmica como um conjunto de elementos interconectados, ligados entre si, formando um todo que funcionam através de processos, visando obter respostas (CHRISTOFOLETTI, 1979). A aplicação da abordagem sistêmica aos estudos da geografia, em especial aos estudos ambientais, serve para melhor focar as pesquisas e apresentar com maior exatidão o setor de estudo desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muitos conceitos.

Assim, no decorrer do tempo, os pressupostos sistêmicos foram sendo aplicados por vários pesquisadores que se dedicam aos estudos do meio ambiente. No âmbito da Geografia, esses estudos se desenvolveram, principalmente, na área da Geomorfologia, onde podem ser destacadas as contribuições de Tricart (1977), Christofolletti (1980, 1999), Casseti (1991), Ross (1992, 1994), entre outros.

Para que uma análise alcance a totalidade, se faz necessário aplicar os princípios holísticos identificando as partes que constituem a estrutura do objeto, bem como o seu funcionamento. Assim, a estrutura de um sistema dependerá das inter-relações entre seus componentes, procurando sempre em sua dinâmica atingir o equilíbrio.

Camargo (2005) identifica alguns conceitos fundamentais associados a abordagem sistêmica, no que diz respeito ao conjunto, elemento, relação, totalidade e organização. Tais conceitos vão caracterizar a visão integrada do sistema ambiental, o qual funciona a partir do conjunto de condicionantes naturais que interagem numa cadeia organizada, onde os elementos são interdependentes. Assim, entende-se por sistema, todo conjunto organizado de elementos e as interações estabelecidas entre eles e entre os seus atributos.

A teoria sistêmica, concebida sob o ponto de vista teórico e metodológico, foi criada na década de 1930 pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy e difundida como Teoria Geral dos Sistemas, constituindo-se em um amplo campo teórico e conceitual, levando a uma visão de totalidade, onde a realidade deveria ser estudada globalmente, envolvendo suas interdependências, pois todos os componentes de um sistema juntos em uma unidade funcional, desenvolvem características diferentes de seus componentes isolados (RODRIGUEZ; SILVA, 2013). Diante disso,

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudada isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1976, p. 55).

Enquanto a ciência clássica procurava explicar os fenômenos reduzindo-os a unidades investigáveis independentemente uma das outras, na ciência contemporânea aparecem concepções que se referem ao que é chamado de totalidade. Os sistemas são conjuntos de elementos em interação e a Teoria Geral dos Sistemas é uma ciência geral da totalidade (BERTALANFFY, 1976). Portanto,

O enfoque sistêmico [...] é uma concepção metodológica e um meio para o estudo de objetos integrados e das dependências e interações integrais. Destina-se a compreensão dos mecanismos de integração de sistemas, ou formações integradas, que são unidades integrais, todos constituídos por elementos inter-relacionados e interagindo, que não raramente são heterogêneos (RODRIGUEZ; SILVA, 2013, p. 22).

De acordo com Bertalanffy (1976), a Teoria Geral dos Sistemas surgiu em um momento em que o modelo mecanicista e o tratamento por parte de diversos assuntos se mostravam insuficientes para atender os problemas de caráter teórico vigentes.

Na Geografia, a aplicação da teoria sistêmica data dos anos 1950, inicialmente utilizada em pesquisas de cunho hidrológico e climatológico. Os trabalhos pioneiros na associação da ideia e aplicação de sistema na literatura geográfica pertencem a autores da escola anglo-americana, como Strahler (1952), entre outros. Mas para Christofolletti (1999), a manifestação mais explícita acerca do uso da teoria sistêmica, começou a aparecer na década de sessenta, servindo como ponto de partida o artigo de Chorley (1962) sobre geomorfologia.

Segundo Tricart (1977), o conceito de sistema é o melhor instrumento para estudar os problemas do meio ambiente, uma vez que um sistema é dotado de um caráter dinâmico e adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação. Para o autor, um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, estes fluxos

originam relações de dependência mútua entre os fenômenos, conferindo ao sistema uma dinâmica própria.

O conceito de sistema em toda sua complexidade oferece a incorporação histórica do homem enquanto componente da natureza. Nada existe de forma independente no meio ambiente, não há como isolar nenhuma parte, pois cada parte age sobre a sua adjacente. Assim o espaço geográfico não pode ser compreendido de forma fragmentária, pois reforçaria o conceito cartesiano de natureza externalizada e não ultrapassaríamos dos limites da descrição, pois na concepção de Canali (2002):

Somente a relação que existe entre as coisas é que nos permite realmente conhecê-las e defini-las, isto é, fatos isolados são abstrações, o que lhes dá concretude são as relações que mantêm entre si, portanto, a realidade é complexa nas ligações entre suas variáveis. Assim, a análise sistêmica tem o mérito de fornecer uma abstração adequada dessa complexidade, de maneira a evidenciar as conexões mais importantes (CANALI, 2002, p. 175).

Nessa perspectiva, conceber as partes isoladamente ou aditivamente limita a percepção da realidade em sua integridade. A totalidade é maior do que a soma de suas partes, ela explica as partes, como adverte Santos (2006), ao afirmar que a totalidade se apresenta como o conjunto de todas as coisas e de todos os homens em suas relações e em seu movimento. Os princípios básicos dos estudos sistêmicos são, portanto, a conectividade e a totalidade.

O termo Geossistema (Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial) foi apresentado em 1960 por Sotchava, tendo como meta a compreensão do espaço geográfico através dos estudos geoambientais, partindo do princípio de que a dinâmica e estrutura das paisagens precisam ser analisadas de forma sistêmica (TROPPMAIR, 2004). O geossistema aparece para expressar a conexão entre a natureza e sociedade. Para Guerra e Guerra (2005, p. 322) “os geossistemas são considerados fenômenos naturais, mas na sua análise leva em consideração aspectos sociais e econômicos (...) são sistemas dinâmicos e com estágios de evolução temporal, sob a influência do homem”. Para Rodrigues, 2001:

Os geossistemas podem refletir parâmetros sociais e econômicos que influenciam importantes conexões em seu interior. Essas influências antropogênicas podem representar o estado diverso do geossistema em relação a seu estado original. Esse estado derivado muitas vezes pode ser mantido por meio de intervenções técnicas, também passíveis de reconhecimento. (RODRIGUES, 2001, p.73).

No Brasil, uma importante contribuição para as pesquisas geossistêmicas ocorreu com a tradução e aplicação dos artigos de Bertrand, que considera o geossistema como uma base para estudos de organização espacial, uma vez que, é compatível com a escala humana.

Bertrand (1972) destaca que os geossistemas possuem o tripé: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica.

Já para Rodrigues (2001), compreender a estrutura básica geossistêmica significa estabelecer parâmetros metodológicos presentes na Geografia física, onde possibilita desenvolver princípios interdisciplinares e dinâmicos, a partir de uma abordagem multiescalar.

Segundo Nascimento e Sampaio (2004), as barreiras formais entre os temas e áreas científicas devem ser derrubadas, descartando justaposição de dados e redundâncias. Para isso, deve-se buscar a síntese sucessivamente de acordo com as relações de causa e efeito entre os elementos do sistema analisado, ou seja, a análise deve ser sintética através das relações mútuas entre os componentes geoambientais no conjunto do sistema. Com isso, a busca do entendimento dos fenômenos socioambientais como um conjunto indissociável é fundamental para análise integrada ou geoambiental.

Todo geossistema é passível de transformações pela natureza e mudanças pela sociedade. O estudo no contexto geossistêmico deve abordar as variáveis do relevo, solo, clima, água, vegetação e as atividades humanas, não enquanto componentes, mas as conexões entre eles. Não restrito à morfologia da paisagem, mas as suas dinâmicas, funções e interligações (SOTCHAVA, 1977), pois

Embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o seu estudo e suas descrições verbais ou matemáticas. Modelos e gráficos de geossistemas refletem parâmetros econômicos e sociais influenciando as mais importantes conexões dentro do geossistema, sobretudo no que se refere às paisagens grandemente modificadas pelo homem (...). As ditas paisagens antropogênicas nada mais são do que estados variáveis de primitivos geossistemas naturais, podendo ser referidos à esfera de estudo do problema da dinâmica da paisagem (SOTCHAVA, 1977, p. 6/7).

A concepção de geossistema permite formular problemas de estudos com a perspectiva de utilização dessa metodologia para a leitura da realidade proposta. Dentre alguns apontados por esse autor, estão: a modelização de geossistemas a partir de sua dinâmica antropogênica e natural, pesquisas sobre o estado espacial-temporal dos geossistemas com montagem de mapas, estudo da influência dos fatores socioeconômicos no ambiente natural e projetos para a complexa utilização-conservação do ambiente geográfico.

Cada geossistema é determinado por uma sucessão de estados ao longo do tempo, e cada estado corresponde a certa situação no espaço, não sendo possível, então, separar a relação espacial da relação temporal. Diante disso, estudar a dinâmica dos sistemas é essencial para manter a integridade funcional ou o reajustamento em busca de mudanças adaptativas a cada

novo estado. Sendo pertinentes os procedimentos avaliativos das potencialidades e fragilidades relacionadas ao uso e manejo dos sistemas ambientais. Desta forma,

Como os geossistemas possuem grandeza territorial, a caracterização espacial torna-se aspecto inerente. Por essa razão, é preciso que se faça o estudo analítico da morfologia e funcionamento dessas unidades. Por outro lado, como sistemas abertos, possuem relacionamento com outros sistemas, sendo também necessário conhecer as relações internas entre os componentes e as interações entre sistemas diferenciados. Todavia, não se pode esquecer que o padrão espacial observável e os aspectos do sistema atual representam respostas a um contínuo evolutivo, à sequência de eventos que se sucedem ao longo do tempo (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 44/45).

Portanto, cada conceito e base metodológica deve ser entendido a seu tempo e adaptado a realidade de estudo. A abordagem sistêmica conforme visto, mostrou-se adequada para a concretização deste estudo, pois a organização espacial que se estabelece entre os sistemas ambientais, representa a interação dos componentes físicos da natureza que possuem expressão espacial na superfície terrestre e conectam-se com a sociedade. Neste aspecto, o método sistêmico aparece como instrumento teórico – metodológico em que a relação entre os elementos que compõem um sistema é analisada com uma visão de totalidade.

1.2 – Paisagem como categoria de análise no contexto dos sistemas ambientais físico/naturais

O conceito de paisagem como categoria geográfica busca analisar as características que compõe a superfície terrestre a partir da relação sociedade natureza. No século XIX o termo paisagem passou a ser profundamente utilizado na geografia, entendido como um conjunto de aspectos que caracterizam um determinado setor da superfície terrestre, distinguindo o homogêneo do heterogêneo através da análise de suas formas e funções com o objetivo de alcançar uma classificação morfológica da paisagem (PASSOS, 2003).

As paisagens podem ser classificadas de acordo com o caráter de sua estrutura morfológica, sua gênese, sua designação e as possibilidades de utilização funcional. “A complexidade, a estrutura heterogênea das paisagens e a presença de diversos índices ou parâmetros determinam que a classificação deve estar formada por vários escalões e que deve modificar diferentes parâmetros nos diversos escalões” (RODRIGUEZ *et. al*, 2013, p. 77).

A paisagem é a realidade visível e a visão de conjunto percebida a partir do espaço que a circunda. É a forma espacial do presente que testemunha formas passadas que ainda persistem ou não (MARTINELLI; PEDROTTI, 2001). Cada pessoa a vê sob a ótica do campo teórico de seu interesse e seus conceitos são formulados a partir desta experiência. Nesse sentido, a

paisagem enquanto categoria norteadora dos estudos geográficos pode ser compreendida através de várias definições, de acordo com o tratamento metodológico ao qual esteja vinculada.

No século XIX, Humboldt apresentou o conceito de paisagem numa ótica essencialmente naturalista, mas com um caráter integrador, pois o mesmo entendia a paisagem como uma integração de elementos naturais submetidos às ações humanas, contribuindo para uma sistematização da ciência geográfica.

Na visão de alguns autores a geografia alemã trouxe para si as características políticas e sociais do período histórico do momento. O conceito de paisagem para Ratzel faz uso da dialética entre os elementos naturais e antropogênicos, trazendo a totalidade para a análise da paisagem. A partir desse momento a escola alemã adquiriu uma concepção determinista na qual as atividades humanas e os processos históricos eram condicionados pela natureza.

Segundo Passos (2003), no final do século XIX, Ratzel fez uma contribuição para a formulação do conceito de paisagem, na concepção de que o homem e o meio estavam subordinados a uma relação causal dentro de uma lógica positivista, reafirmando a ideia de uma troca mútua e incessante no tempo e no espaço na formulação do lugar.

Na França em meados do século XIX, foram desenvolvidos alguns estudos que priorizaram algumas análises sobre paisagem atribuídas a Vidal de La Blache. A escola francesa buscou aplicar alguns métodos puramente descritivos, em que o estudo das paisagens era feito com base em observações bem detalhadas das características visíveis, onde o funcionamento dos elementos estruturais sobre os quais a paisagem se apoiava não era relevante para a sua análise (PASSOS, 2003).

Segundo Moraes (2007, p. 81), “Vida de La Blache definiu o objeto da geografia como a relação homem-natureza, na perspectiva da paisagem colocando o homem como um ser ativo, que sofria a influência do meio, porém que atua sobre este, transformando-o”. A geografia francesa evidenciou a ação do homem, mostrando sua importância na perspectiva da constituição da paisagem e não da ação do homem pelo homem. Aquela escola passou a entender a paisagem sob a ótica do possibilismo, evidenciado a partir da interdependência existente entre homem-natureza e nas múltiplas formas produzidas nas inter-relações ao longo do processo histórico.

Já na antiga União soviética, os estudos sobre paisagem tiveram início no final do século XIX, recebendo a denominação de Geografia Física Complexa, a qual funda suas concepções inspiradas nas ideias da escola alemã e nos estudos feitos por Dokoutchaev (1848-1903), que definiu o Complexo Natural territorial (CNT), método pelo qual era feita a identificação das estruturas da natureza. A partir desta abordagem surgiram outras variações que posteriormente

resultaram nas concepções da Ecologia da Paisagem e Geoecologia de Troll, que contribuiu para a formulação do conceito de paisagem introduzindo a abordagem da ecologia.

De acordo com Salgueiro (2001), os primeiros estudos sobre os aspectos geográficos das paisagens se apoiavam na análise meramente descritiva das formas físicas contidas na superfície terrestre. A partir de estudos e formulação de novas ideias é que as características e transformações antrópicas passaram a ser introduzidas constantemente nas pesquisas sobre a construção da paisagem. Os estudos apontam que é na metade do século XIX e início do século XX que o estudo sobre paisagem passa a se firmar em pesquisas dentro da geografia.

O conceito de paisagem foi sendo ajustado para tentar responder aos diferentes aspectos que o espaço geográfico assumia devido à renovação das características sociais, econômicas, culturais e tecnológicas que ocorreram nas paisagens ditas naturais advindas principalmente após a II Guerra Mundial.

Devido à influência das raízes naturalistas houve uma maior valorização em observar as paisagens enquanto apenas morfologia e o estabelecimento da diferenciação entre as paisagens naturais e as paisagens culturais.

As alterações nas paisagens naturais pelo homem é o ponto de partida para a construção da paisagem geográfica, que é entendida como uma unidade em constante transformação, constituída a partir das relações que envolvem os atores sociais e o espaço ocupado e percebido através de sua materialização, passando a paisagem assumir as características que refletem o nível de desenvolvimento alcançado a partir da organização estrutural de cada grupo social.

A partir das intensas transformações advindas sobretudo com a globalização, a paisagem vem sendo tratada enquanto um produto histórico natural e social. Na concepção de Martinelli e Pedrotti, 2001:

Qualquer paisagem, por mais simples que seja, é sempre social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica. Para a sua completa apreensão, não basta a análise separado de seus elementos. É preciso compreender sua complexidade, que é dada pela forma, estrutura e funcionalidade. (MARTINELLI; PEDROTTI, 2001, p. 41)

Nessa perspectiva, o aparecimento da nova geografia da década de 1950 revigorou a geografia física devido à real conjuntura neopositivista que caracterizava no momento a nova etapa da geografia, passando nesse período a análise do meio ambiente ser feita baseada em uma abordagem sistêmica.

A partir da visão sistêmica, concebe-se a paisagem como um sistema integrado, no qual cada componente isolado não possui propriedades integradoras. “Estas propriedades integradoras somente desenvolvem-se quando se estuda a paisagem como um sistema total. Os

enfoques e métodos de análise da paisagem podem ser concebidos através dos princípios estrutural, funcional, dinâmico-evolutivo e histórico-transformativo [...]” (RODRIGUEZ *et. al*, 2013, p. 47).

Essa concepção surge a partir da Teoria Geral dos Sistemas e no Brasil ganha uma maior atenção na década de 1960 com Bertrand, onde no cenário acadêmico a ideia de paisagem enquanto relação homem – natureza contrapõe-se a da estética – descritiva, abrindo caminho para uma geografia comprometida com a busca do todo concreto deixando de lado a abordagem tradicional separatista. Segundo Bertrand, 1972:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros fazem da paisagem um conjunto único indissociável, em perpétua evolução. [...] É preciso frisar bem que não se trata somente da paisagem “natural”, mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica. (BERTRAND, 1972)

Bertrand (1972) ainda destaca que os aspectos humanos e naturais ocupam e definem simultaneamente o espaço geográfico, sendo assim, não é possível analisar a paisagem separando os elementos naturais dos elementos antrópicos, pois a paisagem é produzida a partir das relações homem-natureza, compondo assim um organismo único e integrado em constante evolução.

Nessa nova abordagem o meio ambiente deixa de receber aquela tradicional visão descritiva por parte da geografia como se fosse um santuário que existe paralelamente à sociedade. “O meio ambiente é visto como um recurso a ser utilizado e como tal deve ser analisado e protegido, de acordo com suas diferentes condições, numa atitude de respeito, conservação e preservação” (MENDONÇA, 2007).

Para analisar metodologicamente as paisagens torna-se necessário situá-las em escalas temporo-espaciais a partir da realidade de interesse, onde os fenômenos acontecem não apenas de forma contínua, mas simultânea, resultando em temporalidades diferentes dentro de um mesmo espaço. Assim a articulação e interação entre os fenômenos culturais e naturais formam o meio ambiente global, e o espaço ocupado diretamente pelo homem dentro do ambiente é representado pela dimensão socioecológica da paisagem.

Portanto, a implantação da análise sistêmica no estudo da paisagem implica, segundo Bertrand (1972), a delimitação como um meio de aproximação com a realidade geográfica, a fragmentação da paisagem global como forma de ressaltar as combinações, as relações e as convergências, pôr fim a taxonomia como forma de situar a paisagem no tempo e no espaço.

Sendo assim, o autor propõe um sistema de classificação com seis níveis temporo-espaciais agrupadas em unidades superiores (zona, domínio e região) e unidades inferiores (geossistema, geofáceis e géotopos). As unidades superiores funcionam como contextualização, todavia são nas inferiores que as pesquisas têm se desenvolvido. O geossistema, correspondente ao quarto nível de hierarquização, é destacado por Bertrand como o mais importante, pois apresenta no âmbito escalonar, as maiores inter-relações entre os elementos da paisagem, e por ser a escala de atuação antrópica.

Guerra e Marçal (2006) discutindo essa abordagem, sintetizam em: Zona (1ª grandeza – mais de 10 bilhões de Km²) – corresponde à zonalidade planetária, determinada pelos biomas e o clima; Domínio (2ª grandeza – de 1 a 10 milhões de Km²) – corresponde a combinação de relevo e clima; Região (3ª e 4ª grandezas – de 10 mil a 1 milhão de Km²) – encontradas no interior dos domínios e se definem pela biogeografia; Geossistema (5ª grandeza – de 100 a 10.000 Km²) – combinação do potencial ecológico, da exploração biológica e da ação antrópica; Geofáceis (6ª e 7ª grandezas – de 1 a 100 Km²) – setor fisionomicamente homogêneo, onde se desenvolve a mesma fase de evolução e Geótopo (8ª grandeza – menos de 1 Km²) – menor unidade geográfica homogênea discernível, refúgio de biocenoses.

A proposta de Tricart (1977) leva em consideração a condição de transição entre as unidades de paisagem através do seu caráter dinâmico, definindo então, as unidades ecodinâmicas, permitindo estudar as relações entre os diversos componentes da paisagem. Também destaca a necessidade de estabelecer uma taxonomia fundada no grau de estabilidade e instabilidade da morfodinâmica identificando os meios: estáveis, intergrades e instáveis, assim:

Meios Estáveis – caracterizado pelo predomínio da pedogênese sobre a morfogênese. Prevalece a condição de clímax, onde o modelado evolui lentamente; *Meios Intergrades ou de Transição* – caracterizam uma passagem gradual entre os meios estáveis e instáveis, ou seja, um balanço entre as interferências pedogenéticas e morfogenéticas. Constata-se uma interferência permanente na relação pedogênese/morfogênese; *Meios Fortemente Instáveis* – a morfogênese é o elemento predominante na dinâmica, apresentando características de desequilíbrio ou de instabilidade morfogenética. (GUERRA; MARÇAL, 2006, p. 122)

Já a proposta de Bolós (1992) para a classificação da paisagem reforça o papel da energia na dinâmica ambiental. Divide-a em: Natural (quando não é constituída por um subsistema socioeconômico); Abiótica (quando predomina o funcionamento dos elementos abióticos); Biótica (onde o ecossistema é fundamental) e à antrópica (quando o funcionamento se dá em torno do subsistema socioeconômico). Relacionando as paisagens ao seu estado de evolução, distingue três tipos de paisagem a partir de sua dinâmica: paisagem em equilíbrio, paisagem em progressão e paisagem em regressão (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Existem inúmeras possibilidades de dimensionamento e espacialização das paisagens, a escolha de aplicação deve-se levar em consideração a escala temporo-espacial e a perspectiva de análise. A teoria sistêmica estabelece bases metodológicas tanto para delimitação quanto para categorização da paisagem, como apresenta Monteiro (2001):

Entidade espacial delimitada segundo um nível de resolução do geógrafo (pesquisador) a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo sempre resultante da integração dinâmica, portanto instável, dos elementos de suporte, forma e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos) expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas, que organizam um todo complexo (sistema), verdadeiro conjunto solidário e único, em perpétua evolução. (MONTEIRO, 2001, p. 39)

Ao considerar a paisagem além da forma, Troll (1997) a concebe como um conjunto das interações homem/meio. Esse conjunto para o autor apresenta-se sob dupla possibilidade de análise: a da forma (configuração) e da funcionalidade (interação de geofatores incluindo os socioeconômicos). Assim, as propostas apresentadas por Sotchava, Bertrand, Tricart, Martinelli, Monteiro, Bolós e Troll entre outros autores, se aproximam e se complementam embasando teoricamente a pesquisa.

1.3 – Erosão costeira e transformações da paisagem litorânea

Quando a linha de costa recua continente adentro, eliminando uma porção da área continental, tem-se o fenômeno conhecido como *erosão costeira*, e suas causas estão relacionadas com uma série de fatores naturais, resultantes da interação do sistema oceânico com o sistema continental, destacando-se, por exemplo, déficits no balanço sedimentar, variações do nível relativo do mar, entre outros. Embora as causas que levem um determinado trecho de linha de costa a erosão sejam todas naturais, a ação do homem acaba por acelerar e maximizar os impactos desse fenômeno tanto sobre os ambientes naturais, quanto sobre a sociedade. Desse modo, o processo de erosão costeira é, de certa forma, causado pelo homem.

Entre os ambientes costeiros, as praias arenosas formadas a partir dos depósitos sedimentares holocênicos são as mais vulneráveis aos processos erosivos. Por serem constituídas de sedimentos não consolidados e de fácil mobilidade essas praias são mais susceptíveis a ação das forças marinhas. A resposta as interferências no equilíbrio da dinâmica costeira são percebidas através das alterações nas feições morfológicas praias, que adquirem novas características. Assim, na visão de Tessler e Goya (2005).

Os mecanismos de dinâmica costeira essencialmente comandados pela ação dos agentes oceanográficos (ondas, marés e correntes litorâneas) sofrem, por vezes, alterações permanentes ou transitórias, por efeito da ocorrência de eventos episódicos como tormentas, furacões, deslocamentos da foz de rios, desenvolvimentos de deltas,

acresção e erosão de bancos arenosos submersos junto as linhas de costa, entre outros (TESSLER; GOYA, 2005, p. 19).

A erosão costeira em praias arenosas ocorre quando há um déficit no balanço sedimentar, como consequência, acontece à diminuição do volume de sedimentos fornecidos ao prisma praial, cuja resposta a este fenômeno é notada através do recuo da linha de costa (TESSLER; GOYA, 2005). Entretanto, a erosão costeira é mais evidenciada quando ocorre a destruição de equipamentos humanos instalados em orlas marítimas, tais obras fixam a linha de costa e impedem a mobilidade natural dos sedimentos. Segundo alega Savi (2007),

A erosão costeira representa a retirada de sedimentos da costa, a acresção ao processo inverso, podendo ser causadas pela variação do nível do mar, variação da fonte de sedimentos, modificações no regime de energias das ondas, ou resposta morfodinâmica às atividades antrópicas como os espigões, quebra-mares e portos (SAVI, 2007, p. 92).

São inúmeros os tipos de ocupações e atividades antrópicas realizadas no litoral, ou até mesmo a quilômetros de distância, mas que podem interferir direta ou indiretamente no equilíbrio do balanço da dinâmica sedimentar costeira. Em geral o uso e ocupação do solo, de forma não planejada, são as principais interferências humanas responsáveis pela destruição das estruturas morfológicas importantes na manutenção e proteção dos ambientes costeiros (TESSLER; GOYA, 2005).

O litoral brasileiro passou a ser valorizado e transformado como paisagem de consumo a partir da combinação de fatores proporcionais pelo momento histórico ao qual vivia o país. Muehe (2009) mostra que no Brasil a zona costeira passou a ser mais requisitada e ocupada a partir dos anos de 1940, com a popularização do automóvel. Outro fato preponderante que contribuiu para esta ocupação foi a conquista de direitos trabalhistas como a diminuição da carga horária e melhoria da renda, favorecendo a construção de residências secundárias (SILVA; FONSECA, 2010). Os referidos autores destacam ainda que:

O estado de bem-estar ofertou aos trabalhadores direitos trabalhistas e previdenciários tais como férias anuais remuneradas, vários tipos de licenças e outras vantagens que possibilitaram, gozar de maior tempo livre para o descanso, lazer, cultura e turismo (SILVA; FONSECA, 2010, p. 51).

A definição do conceito de residências secundárias surgiu a partir do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1970. No entanto, a partir do censo de 1991 este conceito foi aprimorado, sendo definido como: domicílios particulares de uso ocasional, ou seja, são casas ou apartamentos usados temporariamente nos finais de semana ou períodos de férias, para o descanso ou lazer de seus proprietários, ou até mesmo de locatários (SILVA; FONSECA, 2010).

Nessa perspectiva, o uso e ocupação do solo litorâneo foram aumentando à medida que as cidades litorâneas se desenvolviam e atraíam imigrantes em busca de uma melhor qualidade de vida. Em alguns trechos da costa brasileira o desmonte de cristas de praia, dunas, aterros contíguos ao mar foram realizados em detrimento da instalação de infraestrutura urbana, como saneamento básico, arruamento, calçadas e até mesmo residências e equipamentos turísticos em áreas ainda sob a ação da dinâmica costeira, implicando na exposição destas estruturas à ação de ondas (TESSLER; GOYA, 2005).

Em geral as estruturas urbanas são implantadas sobre as áreas litorâneas em função do máximo aproveitamento do valor cênico e paisagístico das praias como espaço de lazer, desconsiderando nos projetos de incorporações os importantes elementos funcionais da dinâmica costeira natural (FALCAO *et al.*, 2004). Essa comparação é reforçada por Piérri (2008) como segue:

Áreas com problemas de erosão costeira e desenvolvimento mal planejado, tendem a sofrer uma diminuição em sua qualidade turística, afetando de maneira significativamente negativa, municípios costeiros que tem o setor turístico propulsor do desenvolvimento social e econômico da região (PIÉRRRI, 2008, p. 08).

As modificações da dinâmica litorânea causadas pela antropização excessiva sobre as dunas frontais e as bermas, impossibilitam o acesso do estoque sedimentar ao prisma praial. Devido a essas intervenções, as ondas passam a remobilizar os sedimentos na face da praia na tentativa de encontrar um ponto de equilíbrio. Durante episódios climáticos adversos, as estruturas e edificações instaladas próximas à linha de preamar são atingidas por fortes ondas, sendo muitas vezes danificadas parcialmente ou até mesmo destruídas (MEIRELES *et al.*, 2006).

Ao longo do litoral brasileiro são encontrados trechos de praias, principalmente associadas a desembocaduras fluviais, que passam por processos erosivos. No litoral sergipano são observados arcos de praia sobre erosão severa ligada à desembocadura sul da foz do rio São Francisco; na praia de Atalaia nova, a esquerda da desembocadura do rio Sergipe e na margem direita nas praias da Coroa do Meio e Artistas; na praia do Coqueirinho a esquerda da desembocadura do rio Vaza Barris e também no estuário do Piauí/Real (RODRIGUES, 2008). Os dados levantados por Moraes *et al.* (2008) a esse respeito mostram que:

Cerca de 40% dos estudos sobre erosão na costa brasileira são referentes às praias arenosa, 20% das procedidas por escarpas sedimentares, 15% associados às desembocaduras de rios e estuários, 15% as desembocaduras de pequenos canais e 10% referente as praias em progradação (MORAIS *et al.*, 2008, p. 63).

As planícies costeiras associadas às desembocaduras fluviais representam ambientais muito instáveis devido à interação de múltiplos fatores que controlam a dinâmica dos ambientes

estuarinos. As linhas de costa adjacentes às desembocaduras fluviais podem apresentar oscilações positivas e negativas geradas a partir da variação do volume da descarga hídrica e dos sólidos em suspensão (DOMINGUEZ *et al.*, 1983).

No estudo desenvolvido por Dominguez (1990), observou-se que o desenvolvimento das planícies associadas às desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha e Paraíba do Sul resulta da interação do efeito de molhe, fenômeno que surge a partir da variação da intensidade do fluxo fluvial na desembocadura, e da migração da desembocadura fluvial decorrente da mobilização, transporte e deposição dos sedimentos litorâneos pela deriva litorânea (DOMINGUEZ *et al.*, 1983).

São inúmeros os impactos ocasionados pelas intervenções antrópicas nos cursos fluviais. A instalação de grandes obras de engenharia nos rios, como os grandes reservatórios, tem o objetivo de melhorar o aproveitamento das águas fluviais para diferentes fins. Estas obras passaram a interferir nas oscilações do volume das vazões causadas pelas cheias sazonais. Os rios perdem a capacidade de remobilizar e transportar os sedimentos, e o efeito de molhe hidráulico é atenuado, expondo as planícies costeiras associadas às desembocaduras a ação erosiva da deriva litorânea (CUNHA; GUERRA, 2009). Como se constata em Dias (1993),

Um outro efeito de grande relevância induzido pelas barragens é o da eliminação ou amortização das cheias. Sabe-se que a maior parte das areias são exportadas da zona estuarina para a zona litoral e plataforma interna do decurso das cheias. Quanto maior é a cheia, maior é o volume de sedimentos (nomeadamente de areias) exportados para o litoral. Eliminando ou diminuindo a ocorrência das cheias e dos picos de cheia, as barragens vieram inibir ou minimizar a exportação das areias para a plataforma e, conseqüentemente, a alimentação do litoral (DIAS, 1993, p. 20).

Estruturas rígidas perpendiculares à linha de costa barram os sedimentos transportados pela deriva litorânea. Como consequência a este bloqueio ocorre uma deposição assimétrica entre as faixas de praia no entorno das estruturas. Do lado a barlar os sedimentos trazidos pelas correntes litorâneas são depositados, forçando uma progradação da faixa da praia junto à estrutura. Na faixa da praia a sotamar ocorre um déficit de sedimentos, que, com a ação das ondas e da corrente litorânea no local, os sedimentos pré-existentes passam a ser mobilizados causando uma erosão (DOMINGUEZ *et al.*, 1983).

Portanto, o entendimento sobre os processos morfodinâmicos responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção dos ambientes costeiros pode contribuir para o planejamento dos diferentes modos de ocupação e uso do solo costeiro, evitando ou minimizando os impactos que podem levar a um processo erosivo na linha de costa.

1.3.1 Variações morfológicas praias

A interação que ocorre entre o material formador de praias, constituído pelos sedimentos, e a energia proveniente dos ventos, ondas e correntes litorâneas, determinam as características morfodinâmicas de um sistema praial (JUNG, 2007).

Os processos naturais costeiros são compreendidos em ciclos erosivos e deposicionais, nos quais ocorre mobilização dos sedimentos das feições morfológicas praias, causados pelo escoamento superficial, pelos ventos, pelo deslocamento dos sedimentos longitudinais à praia, através das correntes litorâneas, e principalmente pelo transporte dos sedimentos transversais à praia por ondas e marés.

A morfologia praial apresenta uma sazonalidade entre a erosão e acreção, tendendo a perder sedimentos para o mar no inverno devido às tempestades comuns para a época, e, ao contrário do que ocorre no inverno, o conjunto dos fatores da dinâmica litorânea favorece a deposição de sedimentos (CALLIARI; OLIVEIRA, 2006).

Ao observar uma praia, percebe-se as alterações de um dia para outro, ocorridas pela passagem de um sistema frontal. Observações mais prolongadas revelam um ciclo de alteração nas paisagens que podem variar em períodos curtos de um dia ou em períodos mais longos como meses, anos, décadas e séculos (ANGULO; ANDRADE, 1981).

As características geológicas, morfológicas e a disposição dos sedimentos costeiros irão indicar a intensidade da resposta à ação das ondas. Os litorais constituídos por sedimentos não consolidados apresentam feições como cordões litorâneos, ilhas barreiras, cristas praias e planícies litorâneas, respondendo mais rapidamente à ação das ondas, do que litorais constituídos por sedimentos já consolidados (MUEHE, 2001).

Segundo Tessler e Goya (2005), planícies litorâneas holocênicas, constituídas por sedimentos não consolidados, como é o caso de grande parte do litoral brasileiro, estão em processo de retrogradação, com perda de areia para os sistemas de dunas, para a plataforma continental ou para a deriva litorânea. Ainda para os autores, 70% da costa mundial está em erosão, 10% em progradação e 20% em equilíbrio.

Já em escala milenar, Tessler e Goya (2005) e Suguio (2003), salientam que a costa brasileira, nos últimos 5100 anos, apresenta tendência à progradação. Porém em escala secular os dados maregráficos dos portos de Recife-PE, Cananéia-SP e Rio Grande do Sul-RS, mostram que a costa brasileira nos últimos 50 anos apresentou uma tendência de elevação do nível relativo do mar (RIBEIRO, 2012).

O desequilíbrio dos ambientes costeiros é, em geral, desencadeado por ocupações antrópicas inadequadas sobre as estruturas funcionais da morfologia praial que são

retrabalhados de acordo com o desenvolvimento do sistema dinâmico atuantes na paisagem (ANGULO; ANDRADE, 1981).

1.3.2 Perfil de Praia

A importância de estudos que tenham por base investigar o comportamento do perfil de praia e da linha de costa é de fundamental valia para determinar zonas de risco para o uso e ocupação de praia por atividades antrópicas diversas.

Atividades de monitoramento através da observação regular das mudanças na configuração e características da praia podem auxiliar na delimitação das feições morfológicas, permitindo que o processo de transporte sedimentar transversal não seja interrompido, para poder nortear políticas de planejamento de médio e longo prazo usando a ocupação de áreas vulneráveis. Bentes *et al.* (1997) contribuíram para esta ideia afirmando que:

O entendimento dos processos que condicionam as modificações topográficas do perfil transversal de uma praia, associada ao ganho (acresção ou engordamento) e perda de material (erosão), tem se tornando um importante instrumento para projetos de engenharia costeira, estudos de meiofauna e macrofauna bentônica e para identificação de tendências de erosão ou progradação de linha de costa e sua implicação para o gerenciamento costeiro e avaliações de impactos. Podemos exemplificar tais afirmações como no caso da necessidade de construção de dutos transversais à costa, com o objetivo de lançamento de efluentes, e a instalação de cabos de fibra ótica (BENTES, *et al.*, 1997, p. 230).

As praias apresentam perfis topográficos transversais que oscilam conforme a configuração da morfologia costeira e da plataforma continental contígua ao litoral, além da ação direta do clima de ondas, da granulometria e estoque sedimentar disponível, e dos processos produzidos pela energia das marés e deriva litorânea. Estes fatores somados condicionam os processos erosivos e deposicionais no sistema (WESCHENFELDER; ZOUAIN, 2002).

Desta forma, as praias que apresentam granulometria grosseiras e estão submetidas a um ambiente com alta intensidade de energia e costumam apresentar face de praia com alta declividade e bermas elevadas, caracterizam-se por perfis refletivo. No entanto, em praias com granulometria fina, a face de praia se apresenta com uma declividade mais suave, representando perfis dissipativos (MUEHE, 1998).

De acordo com Shepard (1950), as praias constituídas por sedimentos inconsolidados apresentam variações topográficas quando submetidas às variações sazonais das condicionantes oceanográficas. Nesse contexto, as praias durante o inverno perdem sedimentos para o sistema praiial, caracterizando um processo de erosão. Durante o verão, ocorre o processo inverso, o prisma praiial é favorecido pela acresção sedimentar. Estes fenômenos instigaram pesquisadores

a investigar sobre as condições ambientais que envolvem o instante de sua ocorrência e que possivelmente contribui para as alterações morfológicas da praia.

O levantamento de perfil topográfico emerso perpendicular à praia pode ser determinado através de diferentes técnicas. O método das Balizas de Emery, por exemplo citado por Muehe (1998) e Cunha e Guerra (2009), em sua aplicação utiliza-se instrumentos simples como: fita métrica e duas balizas de mesmo comprimento, graduados em centímetros. Esta técnica, se bem aplicada, produz resultados precisos e eficazes.

A escolha dos locais para instalação e/ou utilização de objetos pré-existentis para delimitar o início dos perfis, requer uma atenção especial devido a dinamicidade que envolve o ambiente costeiro. Estes objetos deverão estar situados em terras continentais, se possível localizados com auxílio de GPS, além de identificar em fotografias e croquis objetos de referência em sua ré, auxiliando na localização em caso de avaria do ponto principal. Sobre esse aspecto, Noenberg *et al.* (2007) mostram que:

Para a realização do perfil planialtimétrico é necessário a determinação de um ponto inicial do perfil, conhecido como “ré”. Este ponto é geralmente situado costa adentro, fora da zona de ação das ondas de tempestade, evitando, assim, que seja destruída em eventos de grande agitação marítima. Isto permite que levantamentos posteriores possam ser comparados. (NOENBERG *et al.*, 2007, p. 92)

Segundo estudos desenvolvidos por Short *et al.* (1993); Bentes (1997); Muehe (2009), entre outros, um modelo de classificação morfológica foi elaborado, baseado em praias australianas, com definição de dois modelos morfodinâmicos: Banco e calha longitudinal, banco e praia de cúspide, bancos transversais e terraço de baixa mar.

As praias que apresentam estágio dissipativos se caracterizam por apresentar suave gradiente de declividade de face de praia, os sedimentos se caracterizam por uma textura fina, a zona de surfe é extensa apresentando uma intercalação de pequenos bancos longitudinais onde as ondas dissipam a maior parte da energia, e retrabalha os sedimentos, antes de atingir a face de praia.

As praias que exibem estágio refletivo se caracterizam por apresentar um acentuado gradiente de declividade na face de praia preenchida por sedimentos de textura grosseira, a zona de surfe é estreita e o estoque de sedimentos passivo de ser trabalhado é muito baixo. No estágio intermediário a energia das ondas é moderada e os sedimentos são de granulometria média. Essas praias apresentam como característica morfológica principal barras paralelas e perpendiculares à face de praia.

De acordo com os estudos desenvolvidos por Klein (1997) foi elaborado um método indireto para identificar o estágio morfodinâmico de praias oceânicas arenosas através da

declividade da face de praia. A correlação da declividade da face de praia com o estágio morfodinâmico, foi desenvolvido para litorais que apresentam amplitudes inferiores a 2 metros (micro marés). Portanto, ajustou-se a classificação para trechos do litoral que apresentam variações de marés entre 2 e 4 metros, aplicável em alguns trechos do litoral da Bahia e Sergipe que apresentam mesomarés, com amplitudes variáveis entre 2 e 4 m (TESSLER; GOYA, 2005).

Os ângulos de declividade da face de praia foram correlacionados com os estágios morfodinâmicos das praias conforme disponibilizados no quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos estágios morfodinâmicos conforme a declividade da face da praia

ESTÁGIOS	INTERVALOS DE DECLIVIDADE
Dissipativo	0,0° a 3,5°
Intermediário Dissipativo	3,6° a 6,0°
Intermediário refletivo	6,1° a 8,5°
Refletivo	> 8,5°

Fonte: Klein, 1997.

1.4 Transformações no ambiente urbano: processos erosivos e cicatrizes associadas

Os processos de urbanização e industrialização tiveram um papel fundamental em grande parte dos danos ocorridos nas grandes cidades, pois o rápido crescimento causa uma pressão muito forte sobre o meio físico urbano podendo ocasionar uma grande quantidade de impactos, entre eles, os deslizamentos, enchentes, poluição do solo, entre outros.

O crescimento rápido e desordenado em diversas cidades, especialmente nos países em desenvolvimento, é um dos grandes responsáveis pelas alterações ambientais que vem ocorrendo nas grandes cidades, muitas vezes ocasionando uma intensificação provocada pela ação humana. Segundo Guerra (2006), a urbanização cresceu de forma acelerada, e hoje em dia reconhece-se que as grandes cidades têm seus problemas ambientais específicos, produzindo uma gama variada de efeitos ambientais adversos.

É fato que a relação existente entre a combinação dos fatores do meio físico e os impactos provocados pela ocupação humana causa uma aceleração dos processos geomorfológicos, muitas vezes assumindo um caráter catastrófico.

No que pese aos processos erosivos, o conceito de erosão atualmente vem sendo discutido por diversos especialistas que vivenciando realidades ambientais diferentes, tanto em áreas rurais, quanto em áreas urbanas, esclarecem o processo de formação e desenvolvimento

desse fenômeno quando atuantes em determinados lugares. Bigarella *et al.* (2007) salientam que a origem da erosão está associada a diversos processos que desgastam a camada superficial do solo e promovem o arraste dos minerais desprendidos. Em todo caso, já é consenso na literatura que o processo inicial da erosão está relacionado ao ciclo hidrológico, sendo o fator chuva, com suas características de fundamental importância para compreensão do referido processo.

Assim, quanto às diversas formas de cicatrizes erosivas manifestadas em diferentes tipos de solos, verifica-se que no primeiro estágio do escoamento superficial com fluxo de água concentrado ocorrem os sulcos que resultam de irregularidades na superfície do solo devido à concentração da enxurrada em determinados locais.

Segundo a classificação de Carvalho *et al.* (2006, p. 53), os sulcos possuem uma geometria em formato de “pequenos canais, de até 10 cm de profundidade, gerados pela concentração do escoamento superficial...”. Assim, na concepção desses autores, quando as incisões erosivas são superiores a profundidade de 10 cm, a erosão muda de estágio e avança para o nível das ravinas.

Afirmam Bigarella *et al.* (2007, p. 923) que “... a erosão em ravina consiste na remoção, a montante de solos e materiais alterados, com formação de canais pelo fluxo de água concentrado ...”. Seguindo essa linha de definição, Carvalho *et al.* (2006) classificam as ravinas há uma profundidade de até 50 cm tendo em vista que até esse estágio, ainda se tem uma certa estabilidade da vertente e possibilidades concretas de recuperação e voçorocas acima desse patamar.

As ravinas, muito comuns nas encostas, ocorrem através de uma pequena incisão longitudinal no solo, onde o fluxo de água começa a se concentrar. Segundo Guerra (1999), a formação de ravinas é um processo erosivo crítico, frequentemente associado a um rápido aumento na concentração de sedimentos transportados pelo *Run-off*. Uma vez estabelecidas em uma encosta, tendem a evoluir através de bifurcações em pontos de ruptura.

Salienta-se que, vários pesquisadores enfatizam a importância das condições hidráulicas no início do processo de formação de ravinas. Um aspecto a se considerar é que elas se formam assim que seja exercido um limite em relação às condições hidráulicas. Esse limite, na opinião de Kirkby (1980), é uma função da resistência do material na área que está prestes a ser ravinada. A partir da compreensão dos mecanismos de geração e desenvolvimento das ravinas é que se pode identificar um método efetivo de se controlar o seu surgimento (ARAÚJO, 2006).

O último estágio do processo erosivo é a formação de voçorocas. Na visão de Guerra (1999), as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço. Algumas delas são originadas a partir do alargamento e profundidade das ravinas, sendo responsáveis pela remoção de grandes quantidades de sedimentos das encostas. Geralmente possuem paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante eventos chuvosos. Algumas vezes as voçorocas se aprofundam tanto que chegam a atingir o lençol freático.

De modo geral, as feições erosivas intensificam-se com o desenvolvimento do sistema de produção capitalista através da maior apropriação e transformação dos ambientes naturais por parte do homem. Esses processos, por sua vez, são de fundamental importância para se compreender como a erosão ocorre e quais as suas principais consequências (ARAÚJO, 2006).

Nos países em desenvolvimento onde o processo de ocupação é acelerado e desordenado as áreas com maior índice de ocupação estão se tornando grandes favelas e com esse crescimento populacional as principais áreas de ocupação passam a ser as encostas, áreas de maior risco, provocando, dessa maneira, uma variedade de problemas, entre eles, a ocorrência de movimentos de massa, causando uma grande quantidade de acidentes catastróficos, ocasionando a morte de centenas de pessoas.

Na concepção de Guerra (2006), essa ocupação acelerada e desordenada demonstra a necessidade de estudos e do avanço da Geomorfologia Urbana, para que a expansão das cidades não continue a provocar os desastres ambientais tão típicos nos países em desenvolvimento.

As encostas possuem uma evolução natural, no entanto, nos ambientes onde há uma interferência humana, na maioria das vezes, ocorrem grandes transformações, alterando dessa forma, o perfil das encostas, e em consequência são ocasionadas uma quantidade considerável de taxas erosivas pela falta de cobertura vegetal entre outros fatores. Como relata Guerra (2006):

[...] O volume total de erosão que ocorre numa encosta é o resultado de processos geomorfológicos que incluem a ação das gotas de chuva e o escoamento superficial difuso e concentrado, que, por sua vez, dependem de uma série de fatores que englobam a erosividade da chuva, a erodibilidade dos solos, as características das encostas, a cobertura vegetal e o uso e manejo do solo (GUERRA 2006, p.79).

Portanto, é praticamente impossível identificar a erosão dos solos de uma determinada área sem levar em consideração a geomorfologia que analisa formas de relevos e processos associados. Apesar de as formas das encostas poderem ser examinadas separadamente, na prática, os processos geomorfológicos dominantes operam sobre essas superfícies, devido aos fatores que influenciam diretamente na dinâmica das encostas, como os fatores físicos e humanos.

2. OS ELEMENTOS FÍSICO-NATURAIS NA DINÂMICA AMBIENTAL COSTEIRA E INTRAURBANA DE ARACAJU

Os recursos físico-naturais componentes dos sistemas costeiro e urbano possuem expressão espacial no município de Aracaju e, como qualquer outro sistema funcionam através de fluxos de energia e matéria. A análise desses componentes possibilita a síntese, que fornece elementos para a identificação das potencialidades e limitações naturais impostas a cada sistema ambiental. Essa visão de conjunto, por sua vez, fornece elementos que servem de base para o planejamento ambiental na perspectiva da gestão do território.

Neste contexto, os problemas ambientais de relativa gravidade revelados atualmente no município de Aracaju, decorrentes do processo histórico de ocupação e evolução urbana acelerada nas últimas décadas do século XX e início da atual, podem ser melhor compreendidos pelo conhecimento dos aspectos fisiográficos que determinam o comportamento ambiental frente a ocupação, devido, principalmente, ao papel desempenhado pelo homem como agente modificador da natureza e os impactos sobre o ambiente físico alterando os processos naturais, pois como os elementos ambientais físicos se encontram interligados, impossibilita isolar os efeitos das atividades humanas.

2.1 O clima na escala do município

Dentre os elementos físico-naturais, o clima exerce um papel fundamental na influência dos demais componentes do sistema ambiental, visto ser ele o regulador do processo de entrada e saída de energia, ao fornecer calor e umidade dentro do território municipal contribuindo para a sua dinâmica. Salienta Ayoade (1996), que o clima talvez seja o mais importante elemento do sistema natural, por afetar os processos geomorfológicos, os da formação dos solos e o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O Nordeste brasileiro é fortemente influenciado pela presença da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. As condições ambientais são determinadas pela baixa pressão atmosférica, com chuvas e trovoadas originadas pela convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios e a decorrente formação de massa de nuvens que resultam em precipitações.

Quando a ZCIT está mais ao norte, situação geralmente verificada nos meses de agosto a outubro, os ventos alísios de sudeste são intensos, ocorrendo uma progressiva diminuição da intensidade desses ventos à medida que a ZCIT migra em direção ao Equador, alcançando os

valores mínimos anuais durante os meses de março e abril. Essa dinâmica migratória é importante quando se refere à predominância do vento que afeta a cidade de Aracaju, pois influencia no padrão de circulação oceânica e das correntes costeiras consequentes da circulação de vento (PIRES, 2011) Figura 9.

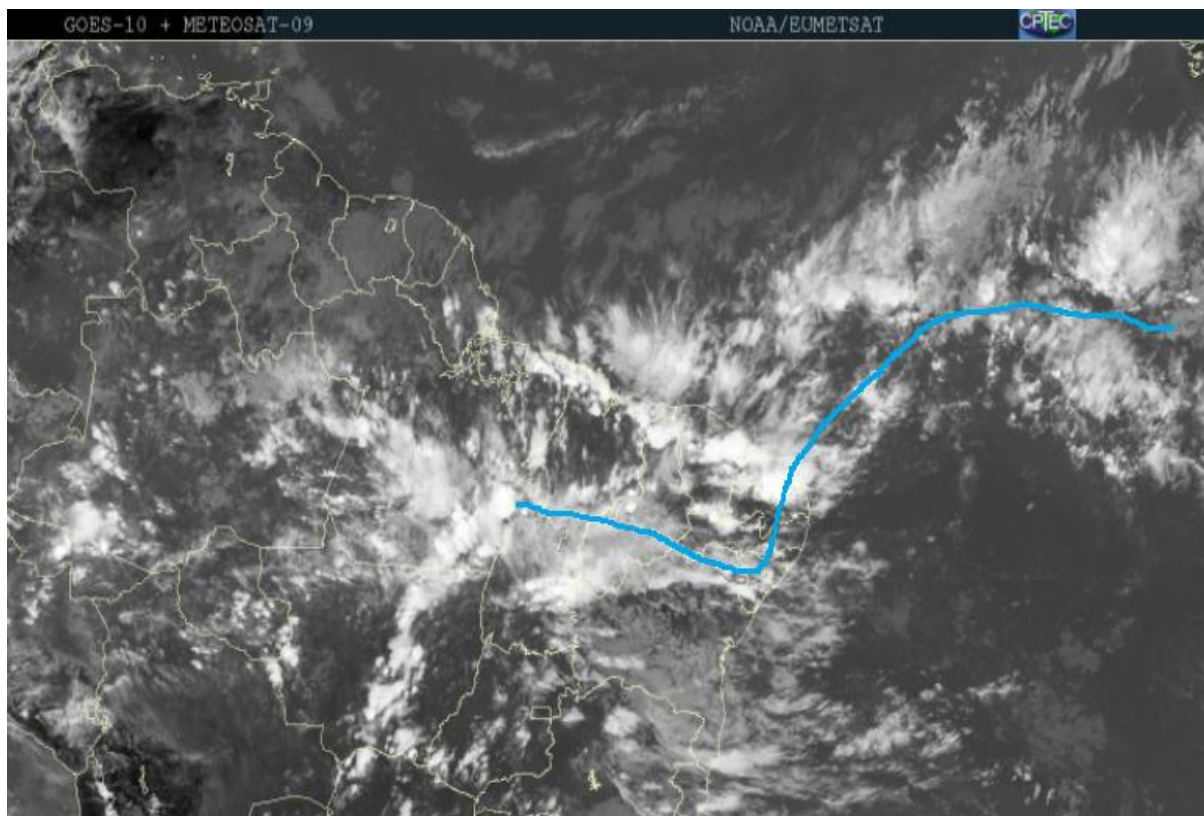


Figura 9: Faixa de nebulosidade sobre Sergipe associada a atuação da ZCIT ocasionando chuvas no Litoral Centro (Aracaju), em março de 2008.

Fonte: CPTEC/INPE Imagem GOES10 + METEOSAT 9, banda IR ,2021 - Linha azul destacando nebulosidade associada a atuação da ZCIT em 26.03.2008. In: Santos, 2022.

No contexto local, Aracaju localiza-se na porção oriental do estado de Sergipe e está controlada durante o ano pelo Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul – ASAS, que dá origem as massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Equatorial Atlântica (mEa). A primeira, proveniente da região oriental do anticiclone, atinge o Nordeste brasileiro provocando os alísios de SE e a segunda, oriunda da parte setentrional do anticiclone, originando os ventos de NE, chamados alísios de retorno (FONTES; CORREIA, 2009).

Segundo a classificação de Thornthwaite (1948), em Aracaju, as condições geográficas definem o clima local do tipo Megatérmico Subúmido Úmido, caracterizado como sendo o mais úmido, de acordo com a escala de classificação, decorrentes da influência da dinâmica marinha, das interações entre o sistema meteorológico durante o ano e da sua posição geográfica.

As precipitações iniciam em abril, havendo ligação com o deslocamento das Correntes

Perturbadoras de Leste que provocam perturbações em forma de frentes no outono, se manifestando com mais intensidade no inverno, trazendo chuvas abundantes durante sua passagem, além do deslocamento meridional da Frente Polar Atlântica – FPA, que se desenvolve no mesmo período quando ganha força suficiente para atingir a região nordestina. No verão, as Correntes Perturbadoras de Oeste, formadas por ventos que sopram do interior do Brasil, entram em ação provocando instabilidade climática até a porção leste do município. A atuação desses sistemas atmosféricos asseguram boa distribuição das precipitações durante o ano, com maior concentração no período outono/inverno.

Os Vórtices Ciclônicos de Alto Nível – VCAN, que influenciam no aumento ou diminuição de áreas de instabilidade sobre o Nordeste na estação seca, preferencialmente de novembro a março (LIMA, 2022), movem-se em direção ao oeste, adentrando o continente, com velocidade de 4 a 6° de longitude por dia, mas podem permanecer sem movimento aparente por vários dias até esvanecerem (Figura 10).

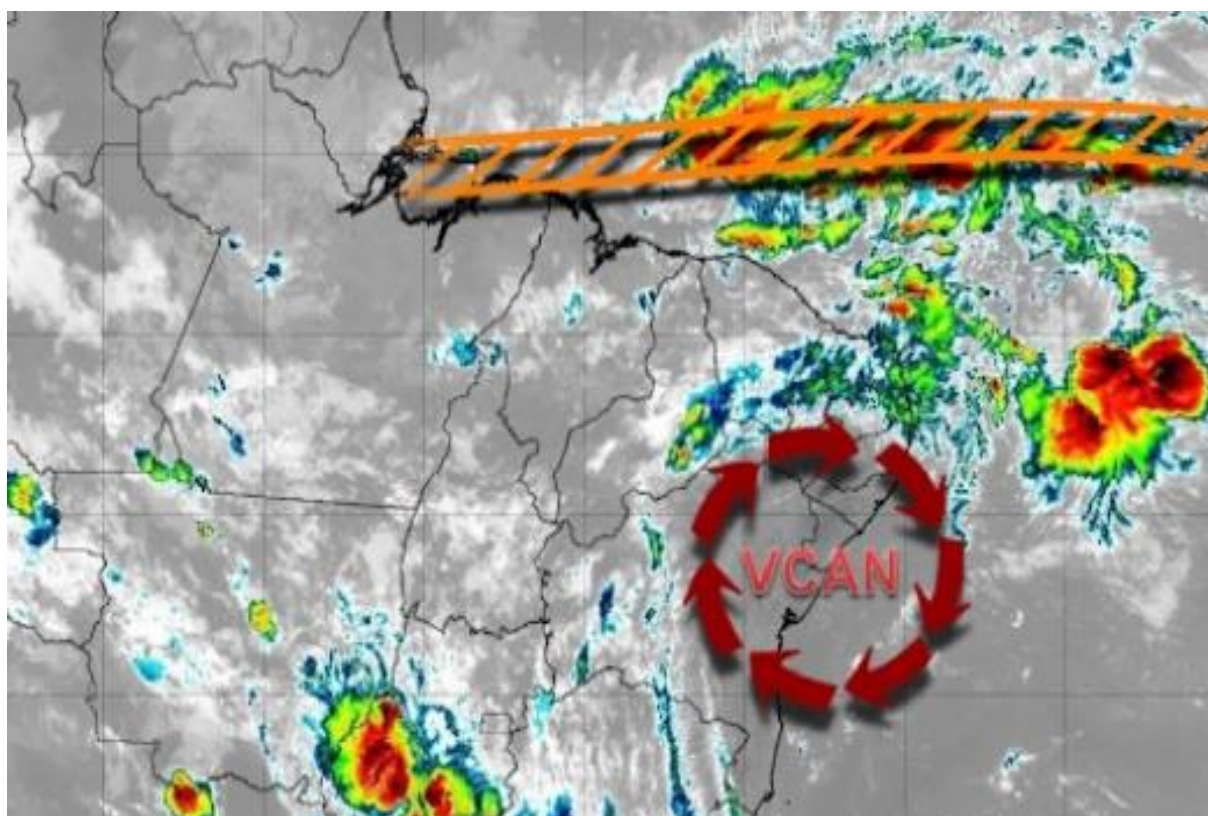


Figura 10: VCAN atuando sobre a região Nordeste interferindo em Sergipe.

Fonte: INPE/CPTEC - Imagem do satélite GOES 16 em 02/03/2019 – In: Lima, 2022.

O aparecimento desses vórtices associa-se à circulação geral da atmosfera e a atuação de outros mecanismos dinâmicos como a penetração das frentes frias, a Zona de Convergência do Atlântico Sul e a Alta da Bolívia (MOLION; BERNARDO, 2002; LIMA; PINTO, 2012). Como se observa na figura 10, a região central do VCAN apresenta céu

claro e sem chuva, enquanto sua periferia é submetida a grandes totais pluviométricos (MOLION; BERNARDO, 2002).

No município de Aracaju, as repercussões espaciais dessas perturbações atmosféricas são perceptíveis pelas ocorrências dos processos erosivos, registros de inundações, alagamentos, enchentes e movimentos gravitacionais de massa de magnitude variada, decorrentes dos impactos pluviais concentrados, enquadrados por Monteiro (1991) na categoria dos “*eventos extremos ou acidentais*” (GONÇALVES, 2003).

Os estudos realizados por Brazil (2016), dentro dessa abordagem para o referido município, confirmam 96 eventos pluviais no período 2004/2014, iguais ou superiores a 60 mm/24h (ZANELLA, 2009), com maiores riscos para a população residente na franja periférica da cidade pelas péssimas condições e/ou inexistência do sistema de drenagem urbana (ARAÚJO, 2020; SANTOS, 2020).

Em intervalos consecutivos de 20 anos, abrangendo as décadas de 1990 a 2010, o comportamento pluviométrico anual de Aracaju foi, na maioria dos casos, sempre abaixo da média, com registros de chuvas pouco variáveis nos anos de 1990 (1.505,0 mm); 1993 (1.006,0 mm); 1994 (1.407 mm); 1995 (1.193,5 mm); 1997 (1.373 mm); 2002 (1.068,8 mm); 2004 (1.061,5 mm) e 2010 (1.547,5 mm), dentre outros (Tabela 1 e Figura 11, A, B, C e D).

Tabela 2: Aracaju - Precipitação pluviométrica mensal, 1990-2010.

ANOS	MESES												TOTAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JULH	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1990	60,1	12,7	76,0	205,2	160,4	193,1	231,7	225,4	106,8	139,5	37,7	56,5	1505,0
1991	26,7	6,9	73,7	145,2	523,4	259,4	108,0	198,7	34,1	11,7	131,9	26,2	1579,4
1992	156,1	141,1	251,8	126,3	226,6	228,8	250,9	67,1	110,9	23,5	96,8	46,0	1630,0
1993	5,3	0,5	11,2	97,2	118,4	217,6	118,5	109,7	36,4	160,8	46,1	29,5	1006,0
1994	32,0	106,0	13,6	150,7	139,0	342,1	343,8	126,9	49,9	47,4	4,8	23,5	1407,7
1995	6,8	53,6	44,3	212,5	115,9	260,2	192,4	65,7	52,7	1,2	134,9	0,0	1193,5
1996	20,5	17,6	60,3	486,2	130,3	252,5	87,4	247,4	64,2	61,2	85,3	58,0	1610,5
1997	95,6	147,2	105,1	273,1	352,3	216,1	115,0	64,0	12,2	5,4	15,0	7,8	1373,3
1998	40,5	19,3	78,2	54,5	223,2	380,3	171,5	142,9	42,4	6,2	0,6	23,9	1203,1
1999	10,2	40,6	15,6	101,5	337,4	103,2	124,8	154,2	68,2	191,8	165,0	17,0	1379,4
2000	43,9	289	90,9	327,4	70,7	169,0	51,5	106,3	75,7	2,0	73,1	38,5	1354,2
2001	13,0	48,8	87,7	80,4	107,4	311,6	230,1	156,4	104,0	125,5	72,8	93,7	1478,5
2002	155,7	50,1	55,8	54	316,7	280,9	111	64,3	40,6	9,1	16,0	10,2	1068,8
2003	15,5	103,4	60,8	81,9	267,6	157,1	195,4	122,3	62	166,4	130,0	37,6	1444,6
2004	284,1	55,7	38,5	91,7	204,4	154,2	180,7	173,9	67,0	5,1	30,2	0,0	1061,5
2005	70,8	85,9	141,0	235,2	331,0	317,8	371,4	225,0	39,6	27,5	6,4	89,2	1930,1
2006	44,3	44,6	91,9	362,6	545,2	348,0	246,2	120,1	118,0	260,8	38,0	6,5	2226,2
2007	35,3	191,2	153,8	213,3	222,9	155,1	230,7	179,8	63,1	45,8	12,3	21,6	1549,7
2008	35,0	112,9	340,7	169,2	461,9	142,2	105,5	124,5	47,2	35,4	1,1	21,9	1622,6
2009	25,4	44,6	55,8	168,6	622,0	112,0	121,8	146,7	65,4	10,6	8,0	17,2	1432,8
2010	26,9	74,7	37,6	444,8	170,4	322,0	178,8	124,8	101,0	11,5	10,5	11,3	1547,5

Fonte: INFRAERO, 2011

Organização: Rafael da Cruz, 2021.

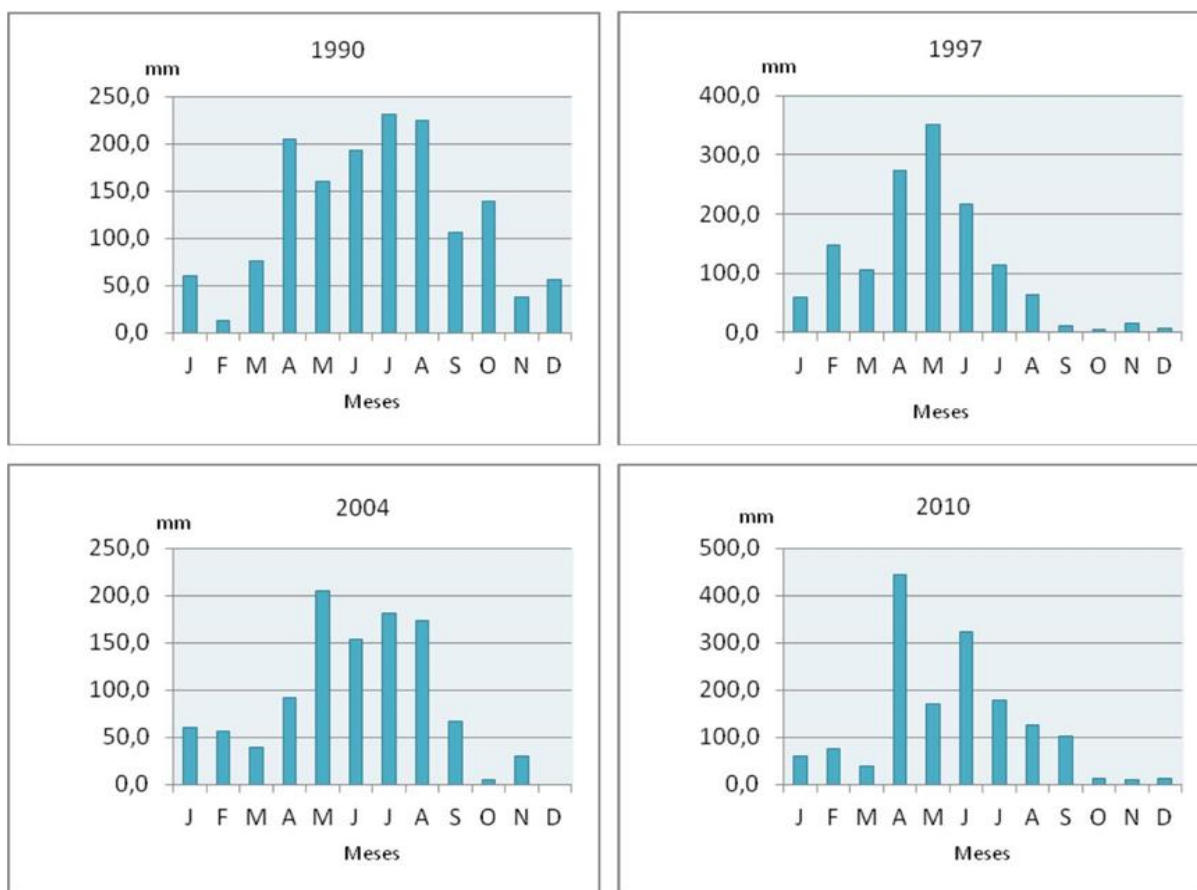


Figura 11: A, B, C e D - Aracaju - Precipitação pluviométrica mensal 1990, 1997, 2004 e 2010.

Organização: Rafael da Cruz, 2023.

A distribuição irregular dos totais de chuva durante o ano, influencia na drenagem urbana a partir da recarga do lençol freático e da dinâmica de escoamento superficial, como também na variável taxa de evapotranspiração potencial. No período chuvoso as águas podem ser infiltradas e escoadas pela cobertura da superfície permitindo a esculturação do relevo com os processos morfogenéticos. Outra condição é a evapotranspiração das águas presentes nos corpos hídricos, vegetais e animais.

A impermeabilidade progressiva do solo urbano de Aracaju prejudica o escoamento areolar, não tendo a rede de captação de água capacidade suficiente para escoar, de modo rápido, o grande volume que se acumula nas baixadas formando áreas de alagamentos de ruas em ocasiões de eventos pluviais extremos, provocados pelo Distúrbio Ondulatório de Leste - DOL, como as chuvas ocorridas no mês de maio de 2017, consideradas as mais elevadas do ano, que somadas aos demais índices pluviométricos mensais acumulados ao longo do ano totalizaram 1.209,7 mm, enquadrando, esse ano, como o mais chuvoso na comparação com os três anos antecedentes que apresentaram registros acentuados de quedas nos volumes totais, ou seja, 2014 (869,9 mm), 2015 (952,3 mm) e 2016 (735,0 mm) (Tabela 2).

Tabela 3: Aracaju - Precipitação pluviométrica mensal, 2014-2017.

ANOS	MESES												TOTAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
2014	15,8	59,6	78,4	153	127	89,7	156,3	62,9	38,2	35,7	44,3	9	869,9
2015	25,5	38,4	44,4	91,6	282,1	149,4	171,1	74,4	10,8	31,8	6,8	26	952,3
2016	83,1	50,7	28,7	39,2	148,3	203,2	41,8	47,8	37,4	13	8,6	33,2	735
2017	6,6	15	40,3	120	306	144,6	174,1	87,2	191,7	74,9	28,2	21,1	1209,7

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2018.

Organização: Rafael da Cruz, 2022.

Observa-se na tabela 2 que em 2017, ano de maior influência de *La Niña*, somente no mês de maio choveu 306,0 mm. Entre os dias 18 e 24, com picos elevados nos dias 20 (75,0 mm), 23 (92,0 mm) e 24 (71,0 mm), o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET registrou cerca de 238 mm, correspondente a 71% da média de chuva normal para o mês na região de Aracaju, quando a previsão estimada era de 334 mm, considerada a mais elevada do ano.

O referido Instituto ainda registrou entre 9:00 horas do dia 23 e 9:00 horas do dia 24 de maio o maior volume de chuva que caiu sobre a cidade naquele ano, aproximadamente 163 mm em um período de 24 horas. A chuva forte provocou alagamentos pela cidade, transbordamentos de canais, desmoronamentos de asfaltos e muros, deslizamentos de terra e consequentemente desencadeou os processos erosivos nas encostas e solos expostos vulneráveis à ação do escoamento superficial, que acelerou a evolução de cicatrizes erosivas previamente existentes (Figura 12).

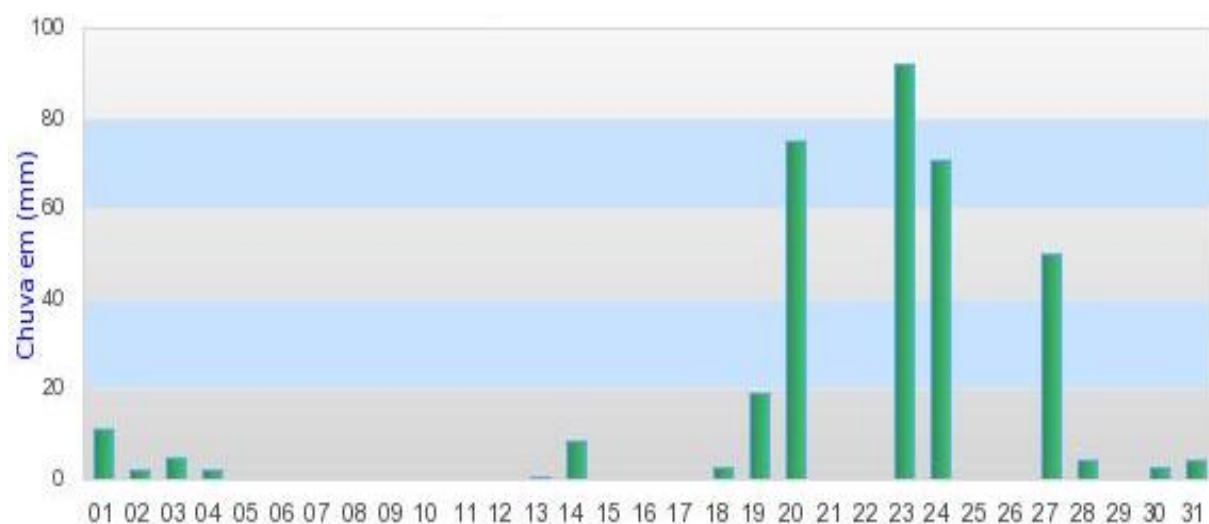


Figura 12: Aracaju – Chuva Acumulada em 24 h dos dias 23/24 de maio de 2017.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2018.

Em bairros mais ao sul do centro da capital de *fragilidade emergente média a alta* e com menor índice de vulnerabilidade social (SANTANA, 2019), a exemplo do Jabotiana, Luzia,

Jardins e Treze de Julho, dentre outros, por estarem situados na planície costeira, devido às interferências antropogênicas no tempo histórico, seja pela impermeabilização do solo e/ou pelas obras de engenharia que retificaram antigos canais de maré, também sofreram com o transbordamento das cheias do rio Poxim e canais pluviais, além dos alagamentos de ruas durante as chuvas concentradas no período, intensificadas pelas marés de sizígia retardando o tempo de escoamento das galerias pluviais (Figuras 13 e 14).



Figura 13: Trecho da Av. Min. Geraldo Barreto Sobral no Bairro Jardins, afetado pelo transbordamento das águas pluviais em canal retificado com as chuvas concentradas do mês de maio de 2017.

Crédito: José Wellington Carvalho Vilar, 2017.



Figura 14: Alagamento de ruas durante as chuvas concentradas em maio de 2017, Bairro Treze de Julho.

Crédito: Carina Souza, 2017. In: Santana, 2019.

Esse transtorno climático que se repete no correr dos anos, tem afetado, principalmente, a população mais carente, conforme visualiza-se em uma das situações de alagamentos de rua apresentada na figura 15. Santos (2022), estudando sobre o clima e dengue na cidade de Aracaju no período, fez referência a reportagem do F5NEWS que, pela calamidade, acrescentaram o depoimento sofrível da Sra. Matilde dos Santos residente no bairro Santa Maria, vitimada pelo evento pluvial extremo ocorrido em maio de 2017, como se constata:

“Todo ano é a mesma coisa, minha casa fica alagada e a gente perde tudo, de móveis até documentos. É uma situação muito horrível, um sofrimento”. “Assim a diarista Matilde dos Santos define o cotidiano de quem vive no bairro Santa Maria, Zona Sul de Aracaju, em dias de chuva. Basta uma precipitação mais intensa para os moradores da região temerem passar por situações como a de 23 de maio, em que as residências foram invadidas por uma enxurrada de água da chuva e lama” (ARAÚJO; RODRIGUEZ; ARAGÃO, 2017, p.1).



Figura 15: Alagamento de rua com invasão de águas das chuvas e lama nas residências do Bairro Santa Maria. Crédito: Aline Aragão/F5News, 2017. In: Santos, 2022.

Segundo informações do CPTEC/INPE, a intensidade pluviométrica registrada nos meses do outono/inverno, sobretudo maio, foi devido à tendência de continuidade do fenômeno *La Niña* sobre os setores central e oeste do Pacífico Equatorial, associada às condições oceânicas e atmosféricas no Atlântico que repercutiram variações em escala global. Em grande parte do Nordeste a atuação da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, sobre a faixa equatorial do Atlântico foi um elemento responsável pelas fortes chuvas acima da normal climatológica na região.

Em Aracaju, no biênio 2009/2010, registrou-se um aumento significativo dos danos provocados pelos impactos pluviais concentrados com rebatimentos nas condições precárias de

ocupação, face a inexistência de uma política eficaz de prevenção e combate a riscos ambientais no espaço urbano da cidade (SANTOS, 2012).

Dados catalogados pela Coordenadoria Especial de Defesa Civil - CEDEC, mostram que em 2009, a porção norte de Aracaju foi extremamente afetada com as chuvas intensas causando danos às vítimas em diversas categorias. Na comunidade Coqueiral (Porto Dantas), por exemplo, 1.944 pessoas foram afetadas, 446 casas em situação de riscos, 30 casas destruídas, 10 casas danificadas, 68 desabrigados e 8 pessoas desalojadas, e no bairro Soledade, embora em menores proporções, apenas 64 pessoas foram afetadas, 8 casas em condições de riscos e 8 destruídas. No conjunto dos quatro bairros envolvidos, 2.458 pessoas foram diretamente afetadas, sem que houvesse registro de mortes (Tabela 3).

Tabela 4: Aracaju – Avaliação de Danos com as chuvas de 2009 na Zona Norte.

Danos Comunidades	Bairro	Desalojados*	Desabrigados**	Mortas	Afetados	Casas Destruidas	Casas danificadas	Casas em risco
Cidade Nova	Cidade Nova	20	0	0	290	5	6	40
Coqueiral	Coqueiral	8	68	0	1944	30	10	446
Soledade	Soledade	0	0	0	64	0	8	8
Porto Dantas	Porto Dantas	0	8	0	160	2	2	26
Total		28	76	0	2458	37	26	520

Fonte: Formulário de Avaliação de Danos preenchidos pela Coordenadoria Especial de Defesa Civil – CEDEC, 2010.

Elaboração: Alizete dos santos, 2012.

No ano seguinte (2010), dos bairros existentes, dois deles registraram danos mais críticos com a manifestação dos eventos hidrológicos/geomorfológicos, destacando-se o Porto Dantas com as maiores ocorrências, totalizando 472 casas em condição de risco, 32 casas destruídas e 76 pessoas desalojadas. Não sendo tão diferenciada a situação para o bairro Cidade Nova que registrou 10 casas destruídas, 54 em condições de riscos e 92 pessoas desalojadas.

2.2 Geologia da Província Costeira e Margem Continental

Na geologia do estado de Sergipe, Almeida *et. al.*, (1977) reconheceram três províncias estruturais. A Província Costeira e Margem Continental abrange o município de Aracaju incluindo a Bacia Sedimentar de Sergipe, posicionada a leste do Estado, com avanço sobre a Plataforma continental, além das formações superficiais terciárias e quaternárias continentais, e os sedimentos da Plataforma Continental (ARAÚJO, 2020 – Figura 16).

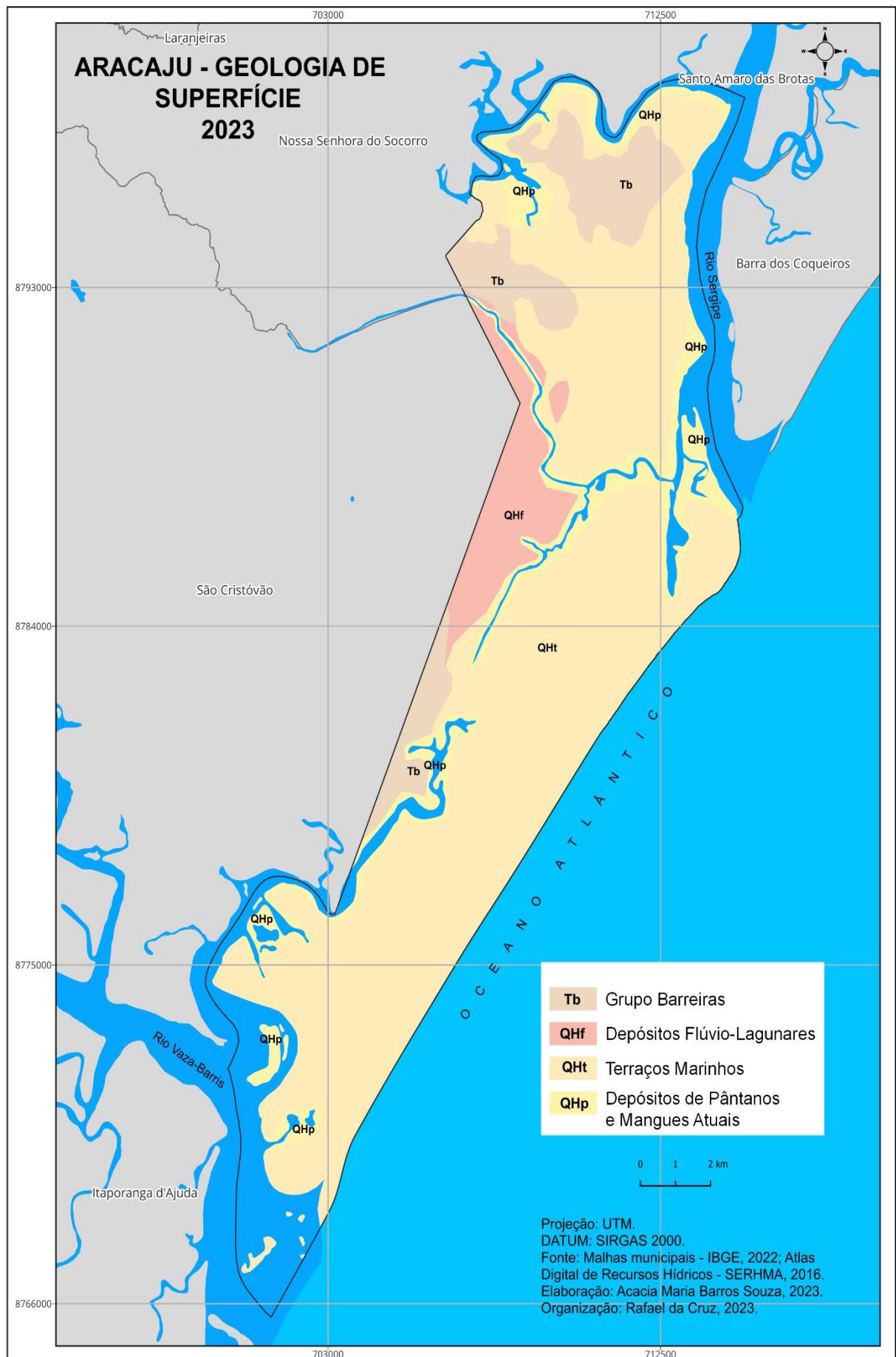


Figura 16: Aracaju – Geologia de superfície, 2023.

Quanto às formações superficiais cenozoicas, ocupam restritas porções mais internas do território os depósitos terciários representados pelo Grupo Barreiras de idade Plio-pleistocênica, e as coberturas quaternárias, com predomínio da holocênica na faixa litorânea (SANTOS *at al.*, 1998).

Os sedimentos do Grupo Barreiras (Tb) correspondem a depósitos correlativos que ocorreram ao longo da costa brasileira durante o Cenozoico (BIGARELLA; ANDRADE, 1964). Este Grupo se encontra constituído por sedimentos terrígenos (cascalhos, conglomerados, areias finas e grossas e níveis de argilas), pouco ou não consolidados, de cores variadas e estratificação irregular, normalmente indistinta e de natureza afossilífera (SCHALLER, 1969; VILAS BOAS *at al.*, 1996). A litologia apresenta-se constituída de arenito com matriz argilosa, camadas de siltitos, argila e cascalho, predominando as cores amarelo ocre e vermelho-acastanhado. Os clásticos desse Grupo recobrem os terrenos mesozoicos em discordância erosiva com o topo e a base bem delimitados na coluna geológica da Bacia Sedimentar (FONTES, 1984 – Figura 17).



Figura 17: Sedimentos terrígenos do Grupo Barreiras constituído de cascalhos, areias finas e grossas e níveis de argilas, nas proximidades da Av. Gen. Euclides Figueiredo, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

As coberturas holocênicas abrangem os depósitos quaternários diferenciados em depósitos eólicos litorâneos atuais (Qhe) e continentais (Qpe1), depósitos fluviolagunares (QHf), depósitos de pântanos e mangues atuais (QHp) e terraços marinhos pleistocênicos (Qpa) e holocênicos (QHt). Bittencourt *at al.* (1983), esquematizando os eventos mais significativos

da evolução paleogeográfica do Quaternário costeiro de Sergipe, associaram a origem desses depósitos ao último episódio trans-regressivo a 5.100 A.P., quando o nível do mar atingiu o máximo de 5 m acima do nível atual.

Os depósitos eólicos litorâneos são constituídos de areias bem selecionadas com grãos arredondados de coloração creme. Encontram-se sobrepostos aos terraços marinhos holocênicos, com reconhecimento de dois tipos de campos dunares. O primeiro posicionado mais internamente, encontra-se semifixado pela vegetação herbácea e arbóreo/arbustiva, com alturas que não ultrapassam os 30 m. Geralmente, apresenta certa evolução edáfica. O segundo, de origem mais recente, margeia a linha de costa.

Os depósitos fluviolagunares – QHf ocupam restritas áreas da zona oeste do município influenciados pela contribuição fluvial dos rios Poxim, Pitanga, Santa Maria e Canal homônimo. Estão entre os depósitos de pântanos e mangues e os depósitos do Grupo Barreiras. Os depósitos lagunares remontam ao evento regressivo subsequente ao Máximo da Última Transgressão (BITTENCOURT *et al.*, 1983), quando o abaixamento do paleonível relativo do mar após cerca de 5.500 anos A. P. causou uma gradual transformação de lagunas em lagoas aos poucos substituídas por água doce, seguidos por pântanos (MARTIN *et al.*, 1996).

Os depósitos de pântanos e mangues – QHp são atuais datando do holoceno. São constituídos de sedimentos argilosos e siltsos de origem fluviomarinha, ricos em material orgânico. Abrange os terraços marinhos holocênicos percorrendo os cursos dos rios do Sal, Sergipe, Poxim, Vaza-Barris, Santa Maria e Canal homônimo (Figuras 18 e 19).

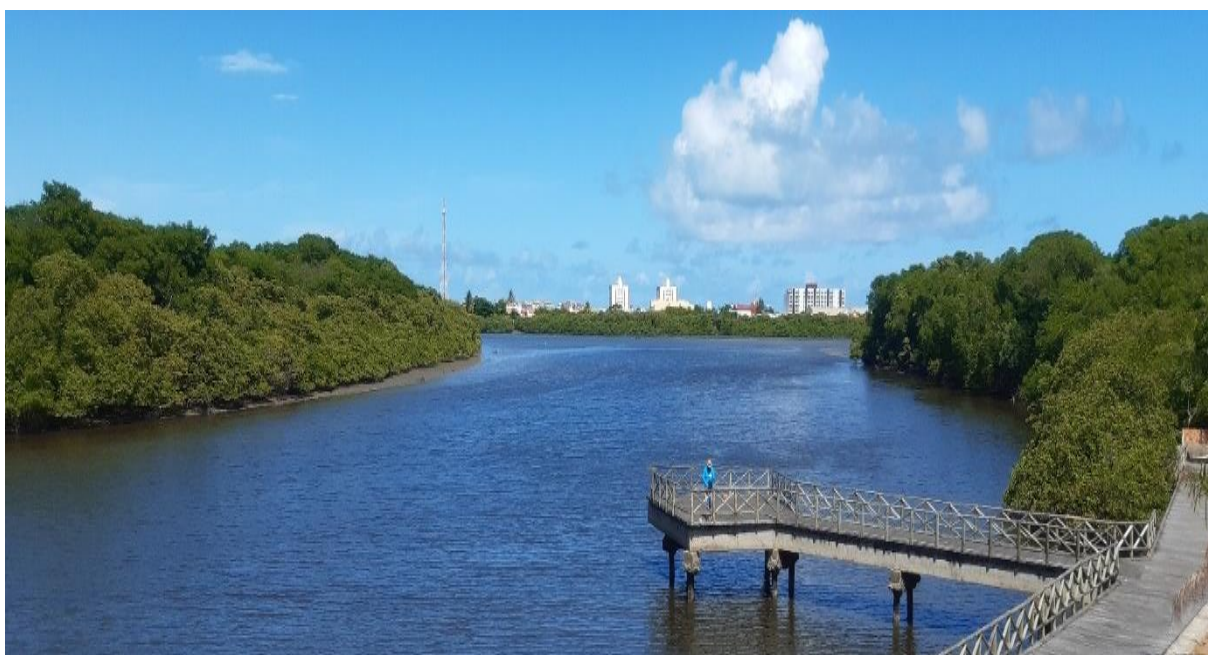


Figura 18: Bosques de mangues (*Rhizophora mangle*) nas margens do rio Poxim próximo ao Parque dos Cajueiros. Ao fundo, avista-se o Bairro Coroa do Meio.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.



Figura 19: Depósitos de pântanos e mangues nas margens do riacho Palame, afluente da margem direita do rio do Sal, Bairro Soledade. Na baixada pantanosa observa-se o processo de ocupação pela população de baixa renda.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

São zonas úmidas depressionais fechadas que constituem ambientes de transição entre áreas terrestres e aquáticas, as quais apresentam o nível da água aflorante ou solo saturado de água com acúmulo de material orgânico de origem vegetal (SANTOS, 2012). Geralmente esses depósitos se caracterizam, ainda, como áreas de charcos com ocorrência de água estagnada e corrente, de característica salobra, com menos de cinco metros de profundidade na maré alta (SOUZA, 2015).

Os terraços marinhos pleistocênicos – Qpa são topograficamente mais altos, variando em torno de 8 m. Estão bem localizados no sopé das vertentes do Grupo Barreiras, sendo delimitados por um rebordo de terraços ligeiramente inclinados para o rio Santa Maria e Canal homônimo. Em certas partes, são cortados pelos canais de drenagem que sulcam os flancos do planalto dissecado, esculpido no Grupo Barreiras (ARAÚJO, 2006).

Os terraços marinhos holocênicos – QHt estão representados pelos depósitos de areias quartzosas bem selecionadas de coloração branca, com presença de conchas marinhas e tubos fósseis de *Callianassa*. Ocupam a planície costeira do município e se encontram na parte externa dos terraços marinhos pleistocênicos. São de poucas elevações, com o topo variando de poucos centímetros a basicamente 4 m acima do nível da atual preamar, apresenta na sua superfície contínuas cristas de cordões litorâneos paralelos entre si (BITTENCOURT *et al.*, 1983).

2.3 Domínios ambientais urbanos da paisagem geomorfológica

A geomorfologia urbana de Aracaju expressa baixa altimetria do relevo com altitudes ultrapassando pouco mais de 100 metros, indicando pequena variação morfológica no contexto geral do município.

A maior parte de sua área geográfica está representada por terrenos com baixo grau de declividade (0 a 2%), caracterizando um relevo plano a suavemente ondulado. Na morfologia urbana, existem domínios ambientais que remontam as diferentes oscilações do nível relativo do mar, associadas às mudanças paleoclimáticas do litoral brasileiro durante o Quaternário. Revelam, portanto, significativa expressão na paleogeografia local, conforme retrataram Bittencourt *et al.*, 1983), em modelo esquemático, os estágios evolutivos com os eventos mais significativos que atuaram na zona costeira do estado de Sergipe a 120.000 e 5.100 anos A. P., correspondentes ao penúltimo e último movimento trans-regressivo marinho.

Reconhece-se no território do município duas unidades de relevo dominantes na paisagem geomorfológica: a Planície Costeira, limitada, na parte continental, pelas vertentes do Grupo Barreiras, “(...) aparecendo, em alguns setores, remanescentes de antigas falésias testemunhando um episódio transgressivo mais antigo (*interglacial Mindel-Riss*) que erodiu a parte externa do Grupo” (ARAÚJO, 2006, p. 26), e, com a plataforma continental, pela linha de costa, e os Tabuleiros Costeiros Tércio-quaternários (Figura 20).

A Planície costeira segue o modelo clássico das costas que avançam em direção ao oceano, apresentando uma superfície relativamente plana, localizada na interface entre as três províncias da geosfera que são os oceanos, os continentes e a atmosfera. Decorrente dessa interseção, recebe diferentes fluxos de energia e matéria que vão influenciar na origem, evolução e configuração atual do ambiente costeiro. Como regra, no município de Aracaju, acompanha a orla marítima e penetra pelo continente através das desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-Barris (MUEHE, 1994; ARAÚJO, 2007). Assim, considerando a configuração do território de Aracaju, a planície costeira que abrange os níveis continentais mais baixos, ocupa uma faixa alongada no sentido NE/SW estendendo-se desde a desembocadura do rio Sergipe até a desembocadura do rio Vaza-Barris abrangendo 22 Km de linha de costa.

Essa unidade geomorfológica de maior abrangência areal no município, caracteriza-se pela presença de formas de origem marinha, fluviomarinha, lacustre e eólica, depositadas sob a influência das condições ambientais variáveis durante o Quaternário. Atualmente, observa-se a existência de vários domínios ambientais, destacando-se os Terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, Dunas litorâneas, Cordões litorâneos e Lagoas freáticas (Figura 21 A, B, C e D).

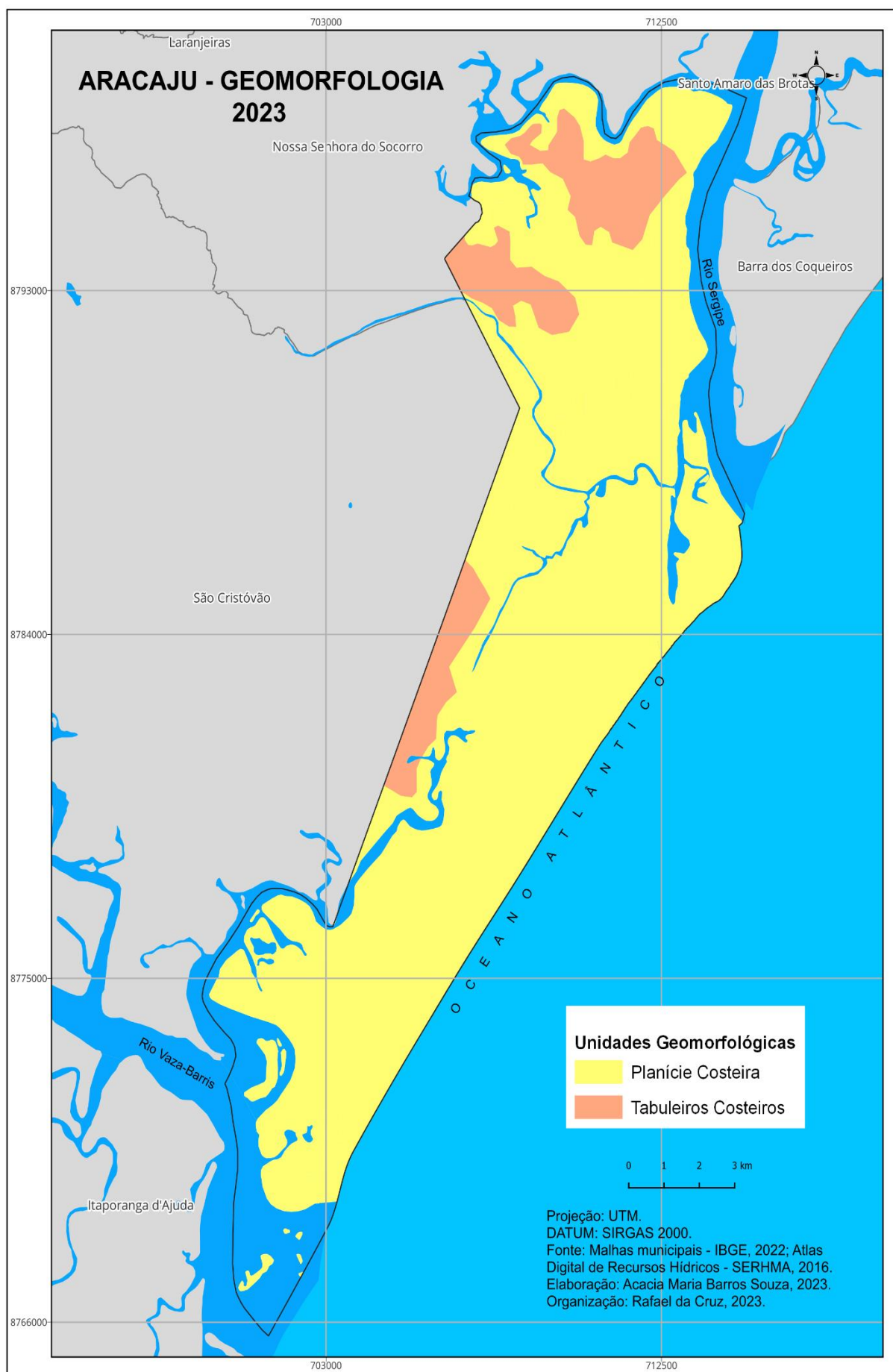


Figura 20: Aracaju – Geomorfologia, 2023.



Figura 21 A: Trecho da planície costeira de Aracaju, na praia de Aruana, com as dunas litorâneas do TECARMO/PETROBRAS, fragmentos de restinga e os terraços marinhos holocênicos atuais.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 21 B: Dunas embrionárias margeando a linha de costa parcialmente fixadas pela vegetação herbácea – posição a sotavento da praia do Havaizinho, Bairro Atalaia.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023



Figura 21 C: Dunas mais internas semifixadas pela vegetação herbácea e arbóreo/arbustiva na retaguarda da Av. Inácio Barbosa, praia de Aruana.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 21 D: Vista aérea da Zona de Expansão de Aracaju: 1 – Sucessão de Cordões Litorâneos; 2 – Paleolagunas e lagoas freáticas.

Fonte: SEPLAN, 2007.

Os Tabuleiros Costeiros representam a unidade geomorfológica de menor abrangência. Estão modelados nos sedimentos do Grupo Barreiras, de idade plio-pleistocênica, atualmente superpostos as rochas sedimentares mesozoicas da Bacia Sedimentar de Sergipe. Na paisagem aracajuana, o relevo apresenta-se dissecado em baixas colinas e morros de topos convexos. O perfil arredondado do relevo colinoso é um reflexo das condições climáticas pretéritas e subúmidas dominantes, e da ação erosiva dos cursos d'água ao exercerem o trabalho natural de montante para jusante. Na litologia predomina a argila, que pela baixa permeabilidade intensifica o escoamento superficial, dissecando o modelado através da formação de cicatrizes erosivas sobre a superfície (Figuras 22 e 23).



Figura 22: Relevo colinoso de perfil arredondado localizado entre a Av. Gen. Euclides Figueiredo e a rua Santa Terezinha, abrangendo áreas dos Bairros Japaozinho e Cidade Nova.

Créditos; Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 23: Relevo de topo convexo dissecado em litologia argilosa do Grupo Barreiras, predominando as cores vermelho-acastanhado e amarelada devido a mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita - bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2021.

Na zona norte, as formas arredondadas mais elevadas da cidade alcançam pouco mais de 100 m, estando no Morro do Urubu (bairro Porto Dantas), o ponto de maior cota altimétrica comprovada (102 m). As altitudes são mais elevadas nas zonas oeste e sul, nos limites com o município de São Cristóvão abrangendo os bairros América, Capucho, Jabotiana e Santa Maria, onde também ocorrem afloramentos do Grupo Barreiras. Afirma Araújo (2006, p. 29/30), que além dessas zonas de relevo topograficamente mais expressivos, “(...) uma outra área, nos domínios dos bairros Getúlio Vargas, Cirurgia e parte do Suissa, apresenta elevações com altitudes máximas de 38 metros.”

Baseando-se em Small e Clark (1982), Araújo (2006) concluiu que nessa unidade geomorfológica do relevo de Aracaju, as encostas situadas nas zonas norte (Morro do Urubu, Morro da Atalaia, Morro Tangará, Japaozinho, Alto do Cruzeiro, Alto da TV), oeste (Taludes do bairro América) e sul (Morros da Piçarreira e Avião, no bairro Santa Maria) estão acima de 20° graus de declividades, com índices superiores a 34,4% de inclinação (Figuras 24 e 25).



Figura 24: Ao fundo, bordo oeste do Morro do Urubu na zona norte de Aracaju abrangendo extensa área do Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 25: Desmorte de morro de topo arredondado para construção de condomínio fechado no Bairro Japaozinho, zona norte de Aracaju.

Crédito: Leandro Barros de Santana, 2019.

A topografia do relevo permanece suave nas demais áreas da malha urbana de Aracaju, onde os baixos valores altimétricos apresentam cotas mínimas comprovadas de até 2 m na borda externa do bairro Coroa do Meio, antes dos aterros. Situação que descarta o “velho mito” de que *Aracaju está abaixo do nível do mar*, conforme salientaram Wanderley *et. al.* (2003) em Boletim Informativo do CREA/SE. Assim, a pouca expressividade da topografia do relevo nas unidades geomorfológicas do município de Aracaju, deve-se à dinâmica interativa dos processos morfogenéticos na escala do tempo histórico/geológico.

2.4 Solos: ambiente e principais características

A classificação de solos oficialmente usada no Brasil, concluída em 1999, passou por várias e contínuas adaptações a partir dos levantamentos ecológicos realizados desde 1955 (LEPSCH, 2002). Neste sentido, considerando a taxonomia vigente estabelecida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS (EMBRAPA, 2018), as classes de solos mais abrangentes no município de Aracaju são a dos Espodossolos, Gleissolos Sálcos e Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos e Distróficos. Em áreas mais restritas ocorrem os Neossolos Quartzarênicos e os Neossolos Flúvicos Eutróficos (ARAÚJO, 2006 - Figura 26).

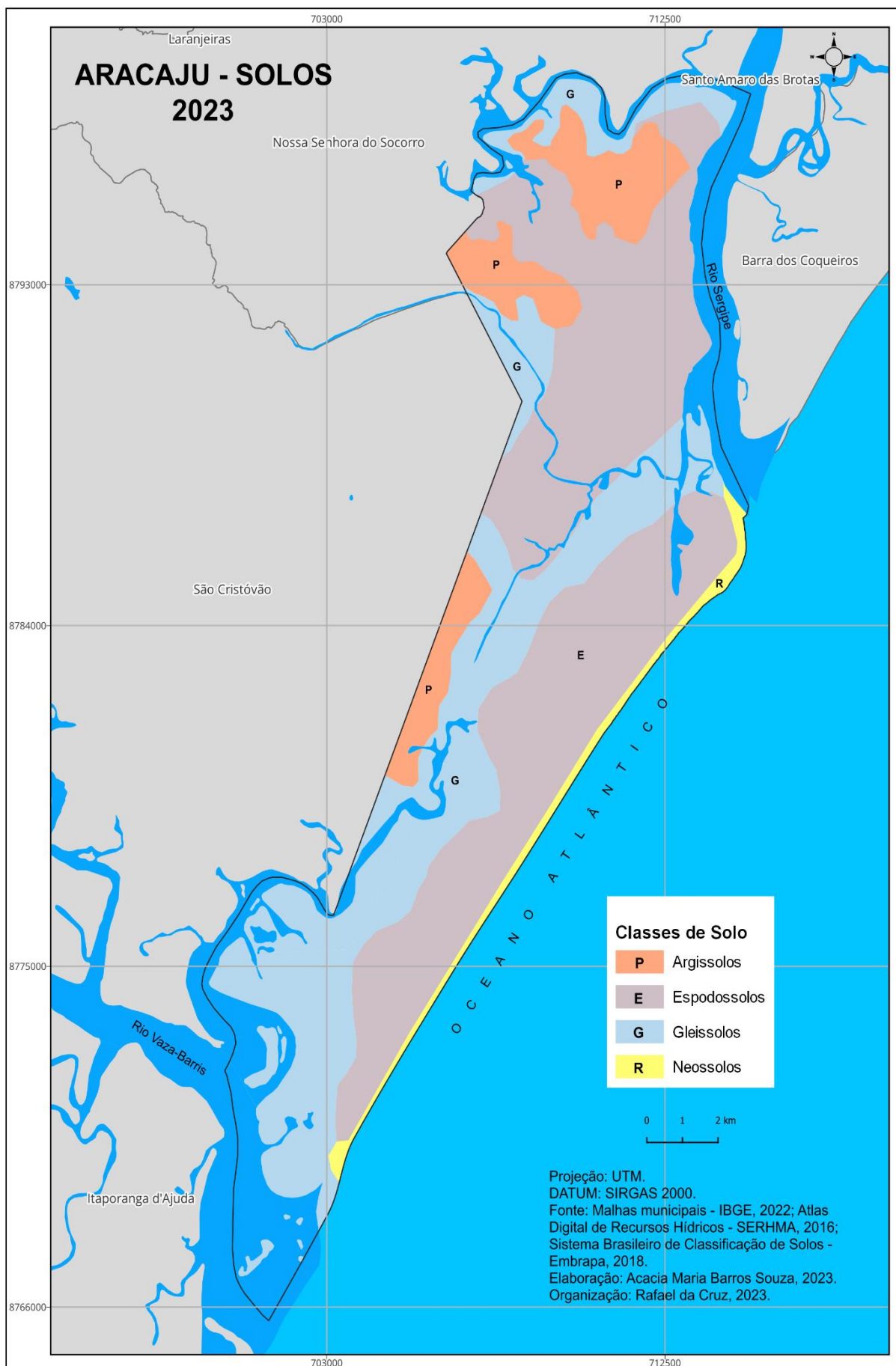


Figura 26: Aracaju – Solos, 2023.

A interação entre os elementos físico-naturais (clima, relevo, vegetação, hidrografia e geologia) resulta na formação dos solos com características peculiares ao seu desenvolvimento de acordo com o ambiente. No município de Aracaju, os perfis dos solos variam de acordo com as características do material de origem e de suas posições nas vertentes ou em áreas baixas que determinam maior ou menor capacidade de drenagem.

Os Argissolos Amarelo Distróficos (PAd), com horizonte bem diferenciados, possui horizonte **A** bastante espesso e predominantemente arenoso, apresentando concentração de argila no horizonte **B** (B textural) de coloração amarelada com baixa fertilidade natural, fortemente ácido e pouco resistente à erosão. Ocupa, no município aracajuano, a área de relevo plano e levemente ondulado. Os Argissolos Vermelho Eutróficos (PVef) ocupam as áreas em que o relevo se eleva consideravelmente nas zonas norte, oeste e sul da cidade, compreendendo solos com horizonte **B** textural, com baixa atividade de argila e menor acidez (ARAÚJO, 2006) Figura 27.



Figura 27: Perfil dos Argissolos Vermelho Eutróficos localizado após a comunidade do Coqueiral, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Estão relacionados a diferentes tipos de materiais. São solos bem desenvolvidos e, de modo geral, apresentam boas condições de fertilidade natural, a depender da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. São ocupados por diferentes tipos vegetais dos remanescentes da Mata Atlântica (SANTOS, 2012). Possuem cor vermelha acentuada devido a teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário, em ambientes bem drenados.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe) e Distróficos (PVAvd) apresentam horizonte de acumulação de argila com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. Quando são desenvolvidos de rochas cristalinas ou sob sua influência, podem apresentar elevada ou baixa fertilidade.

Os Espodossolos (E), de maior abrangência no município de Aracaju, ocupam extensivamente as áreas dos terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos. São originários, principalmente, de materiais arenoquartzosos, em relevo plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem associados a locais de umidade elevada. Variam de pouco profundos até muito profundos. A drenagem é muito variável, havendo estreita relação entre profundidade, grau de desenvolvimento, endurecimento ou cimentação do horizonte diagnóstico (B espódico) e a drenagem do solo (Figura 28).



Figura 28: Paisagem litorânea típica de restinga e relevo plano da classe dos Espodossolos. Ao fundo cordão de dunas continentais fixadas por vegetação herbácea e arbórea-arbustiva, extremidade sul de Aracaju Povoado Mosqueiro.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Os Neossolos Flúvicos Eutróficos (RYve), resultantes de depósitos fluviais do quaternário, são geralmente encontrados nas proximidades das margens dos rios Vaza-Barris, Santa Maria, Canal Homônimo, Sergipe e seus afluentes. Caracterizam-se pelo pouco desenvolvimento, sendo moderadamente drenados, textura média, predominantemente argilosos e silte-argilosos.

Os Gleissolos Sálcos (G), muito comuns em ambientes costeiros de mangues, em geral, são solos mal drenados, pouco ou nada desenvolvidos, com alto teor de sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre que se formaram em decorrência de depósitos de

materiais argilo-siltosos ricos em matérias orgânicas nas partes mais baixas e alagadas, inclusive na foz dos rios que sofrem mais diretamente a influência das marés (Figura 29).



Figura 29: Gleissolos Sálcos expostos na borda de mangue do riacho Palame, coincidindo com a planície de maré inferior. Avista-se ao fundo o Conjunto Bugio.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Os Neossolos Quartzarênicos (R), localizados próximos à linha de costa ocupam as áreas de praias e dunas com relevo ondulado a fortemente ondulado. São solos essencialmente quartzosos, tendo, nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). São profundos, levemente a fortemente ácidos, excessivamente drenados, com baixo poder de armazenamento de água e nutrientes e de baixa fertilidade natural (ARAÚJO, 2006). Os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos (RQg) de ocorrência em Aracaju são solos com presença de lençol freático elevado durante grande parte do ano, na maioria dos anos (Figura 30).



Figura 30: Ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos em ambiente praial, retropraia do Havaizinho no Bairro Atalaia.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

O quadro 2, sistematiza as informações sobre a pedologia no município de Aracaju para fins de reconhecimento da suscetibilidade erosiva do solo (Figura 31).

Quadro 2: Aracaju – solos e seu potencial de vulnerabilidade aos processos erosivos, 2022.

Pedologia local	Domínios ambientais em que se desenvolvem	Características litológicas	Grau de vulnerabilidade aos processos erosivos
Argissolos Vermelho Eutrófico	Geomorfologia: ambiente levemente ondulado; colinas da Formação Barreiras. Áreas de deposição de Tálus e Colúvio de elevação mais alta no município como as vertentes dos Tabuleiros Costeiros e regiões colinosas presentes ao Norte e Oeste de Aracaju.	Areias, argilas de coloração variada, com tons avermelhados, amarelados e esbranquiçados, cascalhos, granulação fina e grossa, com mudança textural dos horizontes abrupta.	Pouco resistente aos processos erosivos. Apresenta-se frequentemente saturada e alto grau de vulnerabilidade.
Argissolos Amarelo Distróficos	Agrupamentos vegetais: Gramínea herbácea, vegetação subcaducifólia arbórea-arbustiva de Tabuleiro.	Solos de horizonte B textural com baixa atividade de argila Tb e menor acidez. Associação granulométrica de cascalho, areia grossa e argila.	Pouco resistente aos processos erosivos. Apresenta alto grau de vulnerabilidade.
Espodossolos	Geomorfologia: Dunas estáveis; Terraços Marinhos Holocênicos; Terraços Marinhos Pleistocênicos; Cordões litorâneos. Agrupamentos vegetais: restinga (arbóreo-arbustiva) e campo de restinga	Associação de Areias finas bem selecionadas com grãos arredondados; eventualmente presença de conchas marinhas e tubos fósseis de Callianassa	Por estarem em muitos ambientes influenciados pelo fluxo e refluxo da maré, apresentam um alto grau de vulnerabilidade.
Neossolos Quartzarênicos	Geomorfologia: Localizado nas proximidades da linha de costas em regiões de praias e dunas com relevo ondulado e fortemente ondulado Agrupamentos Vegetais: floresta perenifólia e Subperenifólia de duna; herbácea e Salsa-da-praia,	Excessivamente drenado com predomínio de sedimentos quartzosos e de textura arenosa, são profundos e levemente e/ou fortemente ácido com baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes.	Elevada permeabilidade, apresentam limitações pela restrição de drenagem, devido à presença do lençol freático elevado durante grande parte do ano.
Neossolos Flúvicos Eutróficos	Geomorfologia: Terraços fluviomarinhos; Terraços fluviais Vegetação: floresta perenifólia de restinga (arbóreo-arbustiva) e campo de restinga	Areias, argilas, silte e cascalhos, sedimentos de conchas e matéria orgânica	Encontra-se em pequenas lagoas, canais de maré, praia atual ou subatual. Área frequentemente alagável
Gleissolos sálicos	Geomorfologia: Planície de Maré Inferior; Planície de Maré Superior Vegetação: floresta arbustiva e arbóreo-arbustiva de mangues	São poucos desenvolvidos, apresenta textura indiscriminada média variando entre argiloso e Silte-argiloso. Associação de argilas, areias e matéria orgânica.	Moderadamente ou altamente drenado e com alto potencial de alagamento e/ou inundação.

Fonte: Adaptado de SANTOS, 2012.

Organização: Rafael da Cruz, 2022.

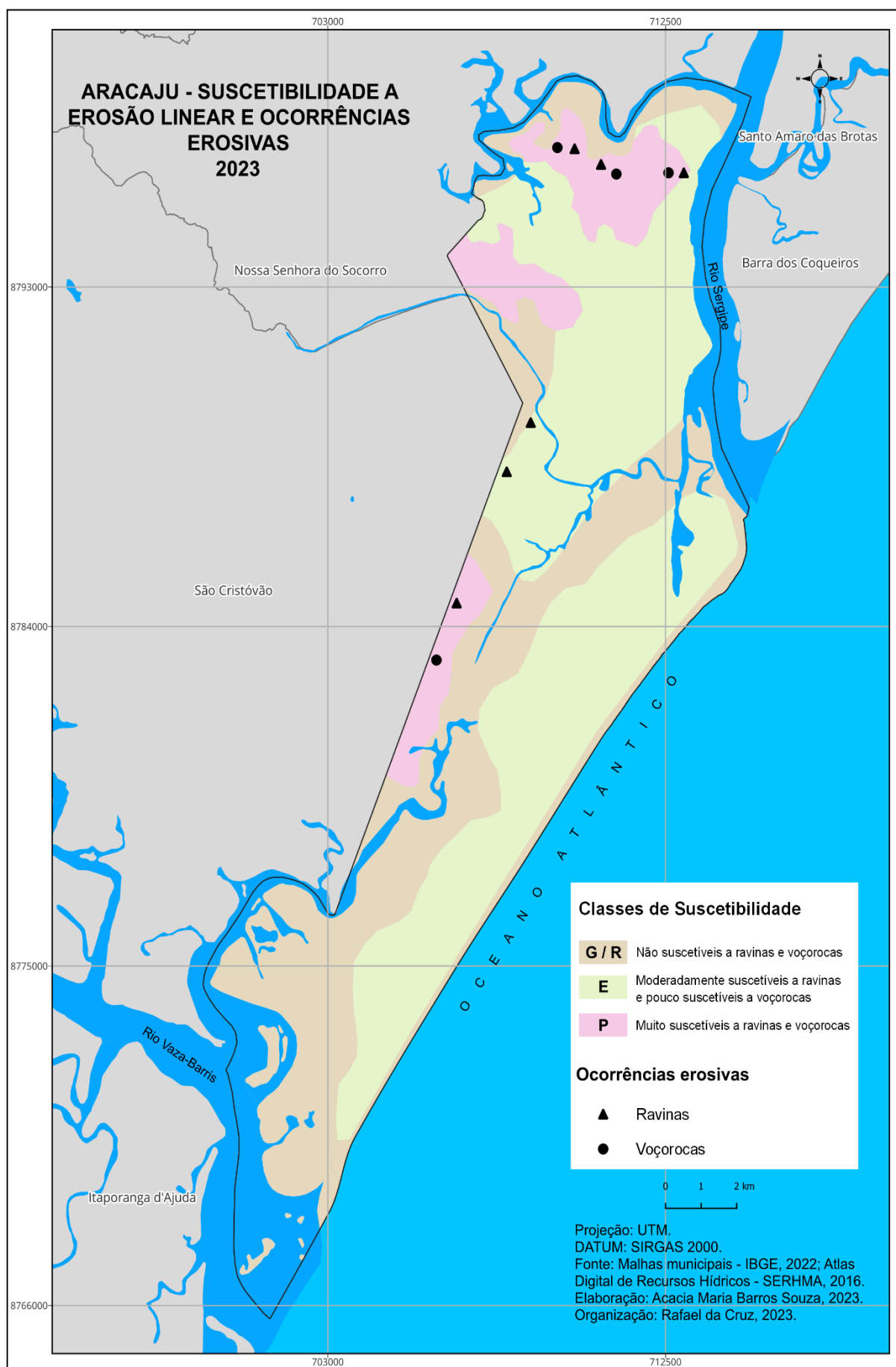


Figura 31 – Aracaju, Suscetibilidade a erosão linear e ocorrências erosivas, 2023.

2.5 Espécies fitogeográficas adaptadas ao sistema ambiental urbano

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, seus efeitos são de ordem: proteção contra impacto direto da chuva; dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial; aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes; aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

A maioria dos estudos que abordam os efeitos da vegetação no ambiente urbano trata dos aspectos climáticos, conforto térmico e capacidade de permeabilidade do solo, mas para sua compreensão no espaço urbano é necessário entender que há coleção de plantas genéticas e morfofisiologicamente adaptadas aos sistemas urbanos, em que a vegetação original praticamente desaparece com o processo de urbanização e substituição de plantas nativas ou ornamentais.

De acordo com Araújo (2006), o estado de Sergipe se encontra bastante devastado na sua cobertura vegetal. Aracaju não fugindo a regra, vem passando por esse processo desde sua origem, em 1855. Em decorrência do grau de devastação da cobertura vegetal, poucas espécies ainda permanecem compondo a vegetação original, como podem ser encontrados alguns remanescentes de Mata Atlântica no Morro do Urubu, área legalmente protegida de interesse ambiental e preservação permanente.

Além disso, os estudos mostram que poucas espécies endêmicas podem ainda ser reconhecidas, restando, atualmente, espécies de formações perenifólias representadas pelas associações de praias e dunas constituídas de vegetação herbácea, vegetação de restinga pouco densa, com árvores que se diversificam quanto à espécie e altura e mangue prevalecendo entre os principais tipos o vermelho (*Rhizophora mangle*), o Siriba (*Avicennia germinans*), o mangue branco (*Lagunculária racemosa*) e o mangue de botão (*Conocarpus erectus*) que se restringe a poucos indivíduos, devido ao processo de antropização das áreas de apicum (Figura 32 A, B, C D e E).

Essa situação devastadora da vegetação na escala do município de Aracaju traz algumas consequências na qualidade de vida para a população em diversos aspectos, além de contribuir para a intensificação dos processos erosivos nas encostas que se constituem em ameaças de riscos de ocorrência de acidentes pelos movimentos gravitacionais de massa, principalmente para os que ocupam esses ambientes desprovidos de uma infraestrutura mínima de garantia para sobrevivência.



Figura 32: A) Associações de praias e dunas na praia dos Artistas: salsa-de-praia (*Ipomea pes-caprae*) e grama da praia (*Sporobulus virginicus*); B, C e D) vegetação de Restinga na planície costeira: Zona de Expansão, Bairros Coroa do Meio e Farolândia, E) vegetação de mangue (*Rhizophora mangle*) na margem esquerda do rio Poxim, Bairro Treze de Julho próximo a confluência com o rio Sergipe.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

3 – MORFODINÂMICA DE PRAIAS DISSIPATIVAS E OS PROCESSOS EROSIVOS E DEPOSICIONAIS NO LITORAL COSTEIRO DE ARACAJU

3.1 Sistema praial e os agentes oceanográficos na dinâmica litorânea

O sistema praial caracteriza-se como a zona de transição entre o continente e o oceano formado por um conjunto de ambientes integrados e subdivididos em zonas emersas e submersas (SUGUIO *et al.*, 2005). Como se observa na figura 33, o sistema praial se estende entre um limite superior e um inferior. O limite superior, localizado no continente, geralmente é definido pela linha de vegetação permanente ou por componentes morfológicos como as dunas e falésias, ou ainda por estruturas artificiais como os muros de arrimo, calçadões, entre outros. O limite inferior que se localiza no mar é marcado pelo nível base de ação das ondas nos sedimentos do fundo da plataforma continental.

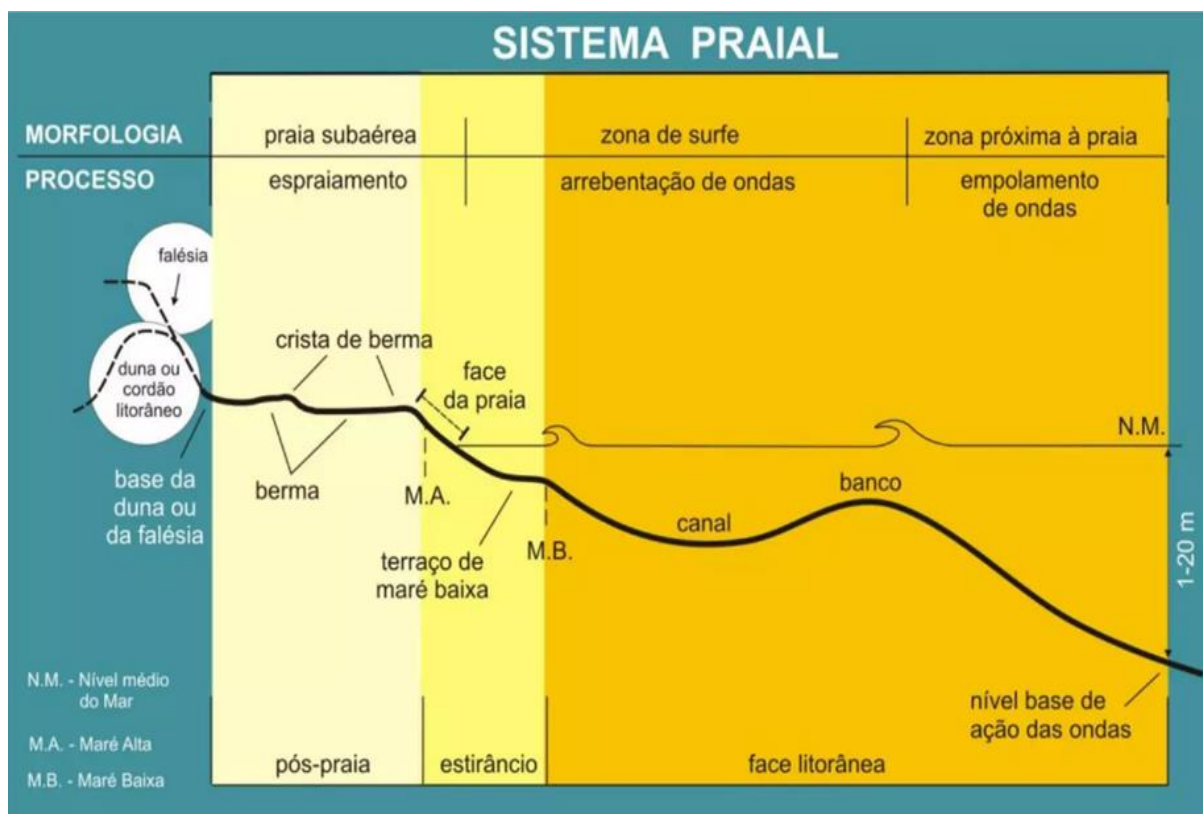


Figura 33: Limites e setores do sistema praial.

Fonte: Suguió *et al.*, 2005.

As praias oceânicas variam suas características físicas (granulométricas e morfológicas), e até certo ponto as bióticas, em função de condicionantes geológicos, geomorfológicos e oceanográficos locais. Dentre os principais condicionantes geológico-geomorfológicos estão as

características fisiográficas da planície costeira e da plataforma continental adjacentes à praia. Os condicionantes oceanográficos, que de certa forma dependem da fisiografia costeira, determinam o clima de ondas como altura e período e as condições de maré e vento, sendo fortemente influenciados pela dinâmica climática regional.

Segundo Bird (2008), as principais mudanças que ocorrem nos ambientes costeiros são geradas pela ação dos agentes que modelam as costas, a exemplo das ondas, das correntes litorâneas, das marés e dos ventos que juntos fornecem energia geradora de processos de transporte, erosão e deposição. Assim, o transporte de sedimentos regido pela ação das ondas, é muito significativo para a configuração das praias. As modificações que ocorrem nesses ambientes são causadas, em parte, pela troca bidirecional de sedimentos entre o limite externo (base da antepraia) e o limite interno (praia) e o transporte longitudinal (DAVIS; FITZGERALD, 2004).

De acordo com o modelo de ondas elaborado por Pianca; Mazzine e Siegle (2010) para o litoral de Sergipe, observou-se como características dominantes na costa do município aracajuano que no período de primavera/verão ocorre a incidência das ondas de E correspondendo respectivamente a 60,1% e 50,2%, com altura média de 1-2 m e no período outono/inverno com a incidência respectiva de ondas de E (42,1%) e SE (60,1%), atingindo altura média de 1-2 m e 2-3 m. Tais ondas são geradas pela ação dos ventos alísios, predominando as de E, e secundariamente de SE. Durante o inverno são reforçadas por ondas de S e SSE, associadas ao avanço das frentes polares que aumentam a altura das ondas podendo chegar a 3 m ou 4 m (OLIVEIRA, 2003; PIANCA; MAZZINE; SIEGLE, 2010). A corrente de deriva litorânea segue a orientação da linha de costa de Sergipe de NE-SW, transportando sedimentos nessa direção.

As praias dos Artistas e do Viral/Mosquero próximas as desembocaduras fluviais dos rios Sergipe e Vaza-Barris apresentam grande dinamicidade em função da interação dos processos que envolvem a dinâmica fluvial e costeira. Essa instabilidade, associa-se ao transporte sedimentar, uma vez que as desembocaduras fluviais diminuem a capacidade de transporte de sedimentos do sistema de deriva litorânea, causando alterações no comportamento a “*updrift*” (barlamar) e a “*downdrift*” (sotamar) (MARTIN *et al.*, 1996).

O litoral do município sofre influência dos rios Sergipe a norte e Vaza-Barris ao sul. Segundo dados oficiais da Agência Nacional de Águas – ANA (2002), a vazão média nos últimos 50 anos do rio Sergipe foi de aproximadamente 3,9 m³/s e a do rio Vaza-Barris em de 10,8 m³/s. O rio São Francisco com vazão aproximada de 2.557,8 m³/s (ANA, 2022), acaba influenciando grande parte do litoral sergipano, inclusive o de Aracaju.

Na costa litorânea do município predomina o regime do tipo meso-maré de caráter semi-diurno com dois picos de marés altas e baixas em um período de 24 horas e 50 minutos, e amplitude variável entre 2 e 4 m. As maiores amplitudes ocorrem nos equinócios dos meses de março e setembro (DHN, 2022). As correntes de maré atingem seus máximos de velocidade nas marés de sizígia durante as luas nova e cheia (DHN, 2022).

3.2 Erosão costeira e tendência da linha de costa a vulnerabilidade física

Estudos realizados por Morais *et al.* (2008), mostram que ao longo da borda oceânica do planeta são encontrados trechos afetados por processos erosivos costeiros, atualmente considerados como um fenômeno em escala global. Conforme observou Dias (1993), são múltiplos os motivos que podem induzir as zonas litorâneas a uma situação de erosão, pois os eventos erosivos são causados por fatores naturais, e ocasionados direta ou indiretamente por intervenções humanas nos ambientes costeiros.

No estado de Sergipe, deve-se a Bittencourt *at al.* (1983) o estudo paleogeográfico de variação da linha de costa em escala a longo prazo (séculos a milênios) que remonta ao último episódio transgressivo do nível relativo do mar quando alcançou o seu máximo a cerca de 5.100 A. P. Na fase subsequente de recuo do mar a 7.000 anos A. P. se estabeleceu outro posicionamento, levando a uma nova configuração geomorfológica do litoral sergipano.

Estudos realizados a médio e curto prazos na escala do município de Aracaju e diversos outros abrangendo trechos específicos do litoral sergipano, confirmam tendência de variação da linha costa em situações de equilíbrio, erosão e progradação (OLIVEIRA, 2003; RODRIGUES, 2008; RIBEIRO, 2012; SANTOS, 2012, SILVA, 2014; OLIVEIRA, 2015; SANTOS, 2019; ARAÚJO, 2020; CARVALHO e ARAÚJO, 2022).

O litoral de Aracaju nessas escalas temporais vem experimentando avanços e recuos da linha de costa demonstrando tendência à progradação, à estabilidade e à erosão em graus de exposição e vulnerabilidade física bem diversificados em segmentos setorizados, principalmente nas proximidades das desembocaduras fluviais dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Situação que se confirma a partir da análise evolutiva dos últimos 50 anos, médio prazo, em que o Litoral do município no intervalo 1970/2016, e em períodos mais curtos (2003/2010; 2010/2016), apresentou comportamento diferenciado no avanço do fenômeno erosivo (Figura 34).

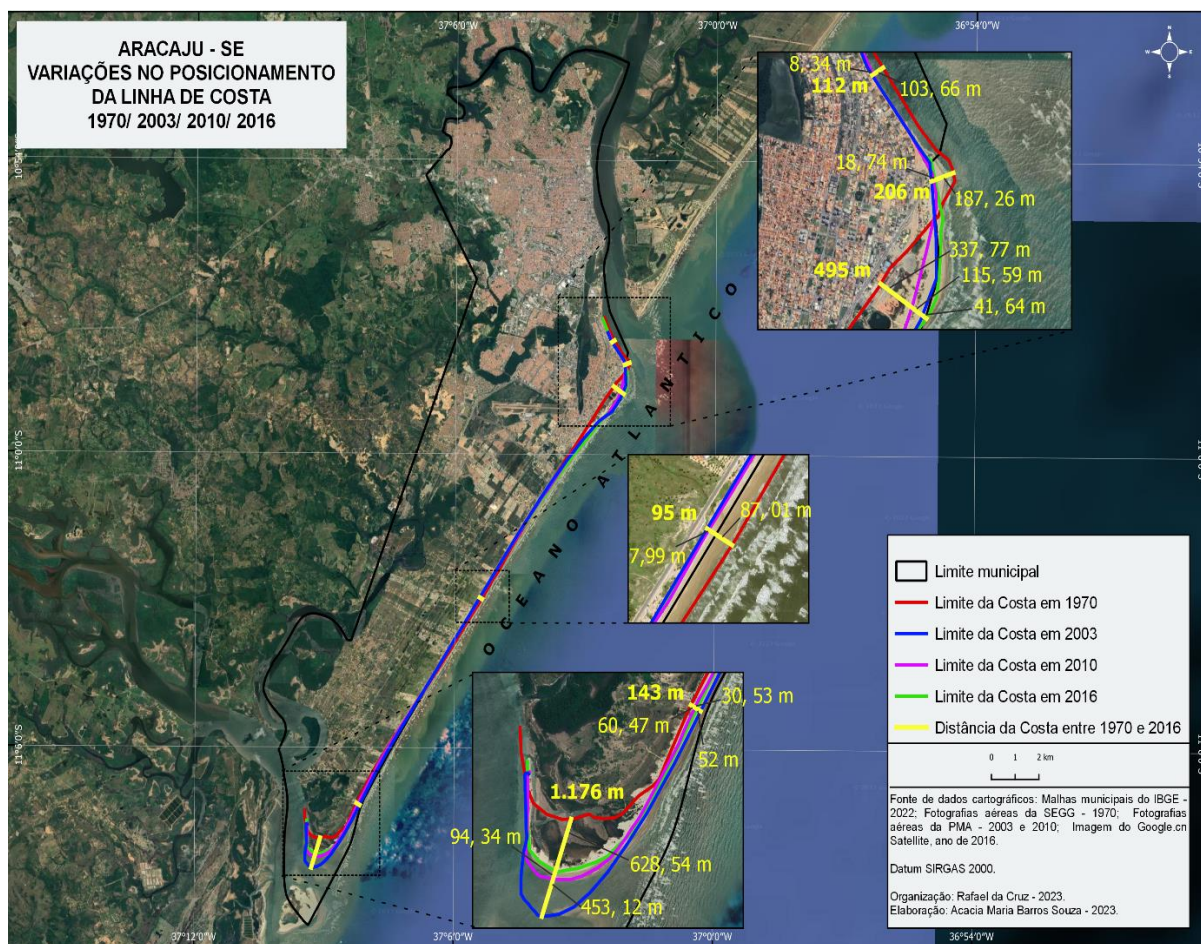


Figura 34: Aracaju - Variação do posicionamento da linha de costa – 1970/2016.

Historicamente a margem direita do rio Sergipe nas proximidades de sua desembocadura experimentou processos erosivos severos e deposicionais com variações na linha de costa refletindo a dinâmica costeira local. Dados oficializados pela EMURB (1985), confirmam que no processo inicial de ocupação do bairro Coroa do Meio em 1970, a erosão costeira já representava uma ameaça no trecho mais próximo da desembocadura fluvial, cuja situação foi cada vez mais se agravando com a destruição dos canais de maré que serviam de proteção natural da costa e agiam como uma espécie de *quebra mar* natural reduzindo a velocidade das correntes de maré (ARAÚJO, 2020).

Do ponto final de desembocadura até as proximidades com o Shopping Rio Mar, a linha de costa recuou continente adentro eliminando cerca de 112 m do bairro Coroa do Meio no intervalo 1970/2016, caracterizando nessa margem estuarina balanço sedimentar negativo pela retirada erosiva que impôs bruscas alterações na configuração e posicionamento geográfico da linha de costa, principalmente no raio de curvatura da margem onde a retirada de sedimentos foi ampliada para 206 m devido a interferência mais direta dos agentes oceanográficos. Os sinais evidentes da agressividade erosiva no local são os sucessivos arcos com avanços

significativos para o continente onde se estabeleceu os atuais espigões. A sobreposição do limite da costa representada na figura 34 abrangendo períodos intermediários de ciclos mais curtos de aproximadamente 7 anos (2003/2010/2016) evidencia na escala do tempo tendência atual de estabilização do processo erosivo severo nesse trecho do rio e ambiente praial (Figura 35 A e B).



Figura 35 A e B: Sinais evidentes de erosão costeira severa abrangendo trecho da praia dos Artistas e margem direita do rio Sergipe, Bairro Coroa do Meio.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

Tais eventos erosivos, com avanços sobre o continente em diferentes épocas e variações de intensidades, destruiu residências, bares, restaurantes e quiosques instalados em suas proximidades, requerendo, inicialmente, do setor público entre os anos de 1976/1977, pela situação de risco à ocupação do solo, a adoção de medidas alternativas com a construção de um muro de contenção ao fenômeno erosivo que acabou sendo destruído pela ação marinha. De lá para cá, ao longo de décadas, outras alternativas foram implementadas para preservação da área aterrada, restando todas sem sucesso. Deveras, a construção do molhe no decênio 1990/2000

na margem esquerda do rio Sergipe na Atalaia Nova – Barra dos Coqueiros, com a finalidade de conter o fenômeno erosivo que também atingia essa margem, mostrou ainda mais a necessidade de controle da margem direita em Aracaju, uma vez que, na porção oceânica, a refração das ondas pelo impacto da estrutura do molhe intensificou a situação de perigo promovendo a erosão com acentuado aumento do déficit sedimentar na praia dos Artistas diretamente atingida pela sua posição geográfica. No lado da Atalaia Nova, a construção do molhe desencadeou no trecho a barlar, uma progradação artificial da linha de costa em 596,81 m aproximados (ARAÚJO, 2020; CARVALHO; ARAÚJO, 2022) (Figura 36).



Figura 36: Molhe construído na margem esquerda do rio Sergipe para conter o processo erosivo, Barra dos Coqueiros.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

A retirada sedimentar erosiva do bairro Coroa do Meio rebateu positivamente no balanço sedimentar das praias do Havaizinho e Atalaia. A barlar dos atuais espigões de contenção a erosão abrangendo a margem direita do rio Sergipe se estabeleceu uma área de progradação configurando novos posicionamentos da linha de costa em intervalos mais longos de aproximadamente 46 anos (1970/2016) e mais curtos de 13 anos (2003/2010/2016). No intervalo 1970/2003, correspondente a 33 anos, o aumento no estoque sedimentar girou em torno de 490 m, com sensível recuo da linha praiar pela retomada erosiva em pouco mais de 100 m no período de 2003/2010, valendo ressaltar que em 2008 a praia dos Artistas experimentou evento erosivo no trecho mais próximo da desembocadura com supressão parcial da faixa arenosa e destruição de bares construídos no ambiente praiar, além da destruição parcial

da praça de eventos da Orla de Atalaia. No curto período de 6 anos entre 2010/2016 houve ganho positivo no balanço sedimentar contabilizando 495 m progradados no intervalo 1970/2016 que se mantem até 2022 sem evidências significativas de alterações no estoque de sedimentos desse segmento de praia. Essa situação de equilíbrio na hidrodinâmica marinha é uma resposta da ação interativa dos agentes oceanográficos, ainda que transitoriamente, considerando os diversos ciclos erosivos e deposicionais ocorridos em intervalos mais curtos ao longo da escala temporal (Figura 37).



Figura 37: Praça de eventos da Orla de Atalaia parcialmente destruído pelo impacto da erosão em 2008. Observa-se o avanço da deposição sedimentar edificando um cordão dunar na área erodida.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

No prolongamento da praia de Atalaia, sentido sul, o recuo da linha de costa até as imediações da praia do Refúgio no intervalo 1970/2016 ocorreu em ritmos moderados, sem registros perceptíveis de alteração no posicionamento da linha praial pela retirada ou deposição sedimentar nos períodos intermediários de ciclos mais curtos entre 2003 e 2010, demonstrando tendência a estabilidade erosiva neste segmento da costa. Insta observar que, no intervalo de maior abrangência temporal, o trecho correspondente à praia do Robalo experimentou maior retirada de sedimentos do seu estoque em aproximadamente 95 m. Na praia dos Náufragos, o balanço sedimentar manteve-se mais equilibrado nas escalas temporais, embora na praia do Mosqueiro, pela influência mais direta do ambiente estuarino do rio Vaza-Barris, a acresção sedimentar tenha somado positivamente para o balanço 143 m no período 1970/2003. Neste curto segmento litorâneo, houve a quebra do equilíbrio ecológico do sistema praial com a pavimentação nos anos de 1990 da Rodovia José Sarney, atual Inácio Barbosa, pela interrupção

da troca natural de sedimentos provenientes das dunas e da praia. Destroços de obras contensivas atualmente expostos na face praial evidenciam agressividade erosiva em épocas pretéritas com o avanço da linha de praia em direção ao continente, onde a ação das ondas também destruiu cerca de 800 m da rodovia a mais de duas décadas (Figura 38 A e B).



Figura 38 A e B: Destruição de trecho final da rodovia José Sarney pela erosão costeira, praia do Mosqueiro. Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2021.

Na extremidade sul da linha de costa, desembocadura do rio Vaza-Barris, margem esquerda abrangendo a praia do Viral, a dinâmica costeira na linha do tempo embora tenha se caracterizado pelo amplo processo deposicional com registro do avanço da linha de praia máxima em aproximadamente 1.176 m no período 1970/2003, tanto quanto a extremidade norte, experimentou ciclos erosivos severos com maiores perdas no estoque sedimentar no período 2003/2010, com sensíveis reduções entre 2010/2016. Salienta Oliveira (2015), que no período 1965/1978 a progradação nessa margem avançou em aproximadamente 800 m. Assim, mesmo com a tendência erosiva gradativa nas últimas décadas, a linha de costa atual, 2023, ainda se encontra progradada em relação a 1965, período de registro mais longo de variação da linha de costa.

Para avaliação das mudanças que ocorrem no litoral do município em curto prazo, observou-se no período 2021/2023 o estado das praias a partir das características intrínsecas a elas, na perspectiva de verificar se a linha de costa está passando por processo de erosão, estabilidade ou progradação. Bush *et al.*, (1999) a propósito, ressaltaram a necessidade do uso de geoindicadores com parâmetros que permitem a delimitação das áreas que apresentam vulnerabilidade à erosão costeira. Assim, para caracterizar o ambiente praial e a linha de costa, considerou-se também, outros indicadores apresentados por Souza e Suguio (2003) e Bird (2008).

Na praia dos Artistas, considerável trecho de sua extensão até o limite com o ponto final de desembocadura do rio Sergipe, são marcantes os sinais de erosão severa pretérita que segue acompanhando a margem direita do rio até o pontal arenoso na confluência do rio Poxim com o rio Sergipe. A última implementação de estrutura artificial na linha de costa com espigões rochosos para minimizar os efeitos dos impactos das ondas, é um geoindicador importante na aferição do grau de vulnerabilidade física a erosão no ambiente (Figura 39 A e B).



Figura 39 A e B: Obras contensivas para amenização do processo erosivo severo na margem direita do rio Sergipe até as imediações do pontal arenoso, Bairro Coroa do Meio.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

A barlamar do primeiro espigão de maior comprimento, nas imediações do farol se estabeleceu uma área de progradação artificial com ampliação da faixa de praia representando ganho no balanço sedimentar positivo para o ambiente praiar. Observa-se a formação recente de feições deposicionais com a presença de berma e terraços de praia, além de ampliação do estirâncio, tendo em sua porção superior as dunas embrionárias frontais com espraio de vegetação herbácea recente. A sotamar, no trecho mais próximo da foz, embora se apresente em estabilidade, ainda persiste a tendência erosiva em baixo grau onde a linha de preamar máxima atinge as barreiras de proteção. Considerando as possibilidades de alterações no ambiente costeiro pela sua dinamicidade, este segmento da costa se enquadra no grau muito elevado de vulnerabilidade física à erosão costeira (Figuras 40 A e B; 41).



Figura 40: A – Feições deposicionais com a presença de berma; B – Tronco de árvores exposto na praiar.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.



Figura 41: Dunas embrionárias frontais com espraio de vegetação herbácea.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2021.

O nível de ocupação humana na faixa praial é de moderado a elevado em alguns locais com a presença de barracas e mesas. No ambiente de pós-praia eleva-se a concentração de bares e restaurantes e outros estabelecimentos que oferecem diversos serviços de suporte ao turismo e a população em geral da cidade aracajuana (Figura 42 A e B).



Figuras 42: **A)** Nível de ocupação na faixa de praia; **B)** Nível de ocupação no ambiente de pós-praia, frente litorânea.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Nas praias do Havaizinho e de Atalaia pela sua relação de proximidade, observou-se que o processo de deposição de sedimentos é superior ao de retirada, demonstrando com esse resultado de acresção ao estoque sedimentar tendência a progradação da linha de costa. Na retaguarda do estirâncio superior se estabeleceu um cordão de dunas frontais embrionárias e de menor porte altimétrico delimitando a retropraia que se apresenta extremamente ampla e vegetada. Plantas herbáceas de caules longos e prostados dominando espécies como a salsa-de-praia (*Ipomea pescapre*), se desenvolvem com facilidade contribuindo para a fixação dunar (Figura 43).



Figura 43: Dunas frontais embrionárias de baixo porte altimétrico. Posição a sotavento.
Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Formações recentes de feições deposicionais, aliadas ao desenvolvimento recente de vegetação herbácea são geoindicadores que comprovam no ambiente praial a situação de estabilidade erosiva no momento atual, com grau médio de vulnerabilidade física à erosão costeira.

Nesse segmento litorâneo da costa aracajuana, tem sido elevado o nível de ocupação na faixa de praia no período primavera/verão pela população que preferencialmente busca esse ambiente como uma nova opção de lazer no bairro Atalaia. Nota-se a disseminação de uma quantidade considerável de barracas e mesas para dar suporte a demanda populacional local e de turistas. No ambiente de pós-praia o nível de ocupação também se eleva com a estrutura de bares e restaurantes instalados na linha de frente da orla e outros equipamentos urbanos de suporte ao turismo local, a exemplo da rede hoteleira (Figura 44 A e B).



Figura 44: A - Nível de ocupação na faixa de praia; B - Nível de ocupação no ambiente de pós-praia, frente litorânea.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

A praia de Aruana exhibe na paisagem litorânea geoindicadores que confirmam o estado atual de estabilidade da linha praial. No ambiente de pós-praia, observa-se ampla área vegetada

de restinga arbórea-herbácea com aproximadamente 100 m de largura delimitando os terraços de praia que ocupam dimensões areais bem consideráveis no contexto do sistema praial local. No trecho correspondente ao estirâncio superior visualizou-se a presença de tronco de árvores expostos, bem como a inexistência de dunas frontais, uma vez que as dunas vegetadas e/ou semifixadas por espécies arbórea-herbácea se assentam na retaguarda da pós-praia após a rodovia Inácio Barbosa. Pelas características do sistema costeiro local baseadas em situações pretéritas e atuais, o ambiente praial apresenta grau elevado de vulnerabilidade física à erosão costeira.

O nível de ocupação da praia é moderado, com a presença de sombreiros e diversas mesas distribuídas na faixa arenosa. Acompanhando a orla marítima, na retaguarda da retropraia, além da instalação de quiosques, registra-se a presença de bares e restaurantes visitados frequentemente pela população e turistas de diversas localidades. Além disso, por ser uma área nos limites da antiga Zona de Expansão, o padrão de ocupação residencial ainda é considerado de nível médio (Figura 45 A, B e C).



Figura 45: A - Área vegetada de restinga arbórea-herbácea e terraços de praia; B - Tronco de árvores exposto na face praial; C - Nível de ocupação na faixa de praia.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

A praia do Robalo evidencia tendência atual de estabilidade com a presença de escarpas inativas e dunas frontais de baixo a médio porte parcialmente recobertas de vegetação recente onde a linha de preamar máxima não mais atingem. A dinâmica costeira do ambiente em intervalos de médio e curto prazos sugere o enquadramento da costa litorânea no grau elevado de vulnerabilidade física à erosão costeira (Figura 46).



FIGURA 46: Avanço da vegetação como geoindicador de tendência a estabilidade erosiva, praia do Robalo, Aracaju.
Crédito: Hélio Mário de Araújo, 2021.

O nível de ocupação da praia ainda é baixo com restrita concentração de barracas na faixa de praia e poucos bares e restaurantes no ambiente de pós-praia acompanhando a orla marítima. Nesse ambiente, na retaguarda dos espaços de lazer, o nível de ocupação residencial também é baixo, onde se observa na linha de frente vários condomínios horizontais fechados e alguns outros em construção marcando a presença do setor imobiliário e crescimento da construção civil, mesmo em uma área restrita a ocupação pela vulnerabilidade dos domínios da natureza impressos na paisagem costeira local, a exemplo das dunas, lagoas temporárias e os cordões litorâneos, dentre outros (Figura 47).



Figura 47: Nível de ocupação na faixa de praia.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

Nas praias do Mosqueiro e Viral, são evidenciados os geoindicadores de erosão, estabilidade e progradação. No segmento praial do Mosqueiro, observa-se a tendência atual de estabilização do processo erosivo, mesmo sendo evidentes os efeitos de eventos erosivos severos pretéritos que destruíram as estruturas fixas de contenção a erosão costeira e parte da antiga rodovia José Sarney. A proximidade da linha de preamar máxima dos destroços da pista erodida mostra tendência futura à erosão, embora seja perceptível o suprimento da praia pelos sedimentos arenosos com formação de terraços e acumulações arenosas no estirâncio superior em evolução para as dunas embrionárias que interceptam vários trechos da rodovia erodida, além de dunas frontais inativas de pequeno porte na direção do farol, semifixada pela vegetação arbórea-herbácea. Com a acresção sedimentar, ampliou-se consideravelmente a faixa de praia (Figuras 48 e 49 A e B).



Figura 48: A e B – Remanescentes de estruturas fixas expostos na face praial evidenciando os efeitos da erosão costeira severa.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.



Figura 49: A e B - Geoindicadores de estabilidade erosiva expostos na faixa de praia, praia do Mosqueiro.
Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022/2023.

O ambiente de pós-praia ocupa dimensões areais significativas recobertas por vegetação recente e mais antiga conservando várias espécies da restinga e nas cercanias do farol abandonado de São Cristóvão a presença de mangue. Os eventos erosivos de impactos destrutivos provocando variações da linha de costa, intercalado por ciclos deposicionais de curto a médio prazo classifica a praia do Mosqueiro no grau elevado de vulnerabilidade física à erosão costeira.

O nível de ocupação é muito baixo, tanto na face praial pelas reduzidas presenças de banhistas e poucos sombreiros, quanto no ambiente de pós-praia com apenas um empreendimento de lazer no final da rodovia erodida. A ocupação residencial nas proximidades vem se processando em ritmo lento com tendência a inversão do quadro a partir das obras de adequação urbanística das praias do Litoral Sul de Aracaju implementadas pelo Governo de Sergipe recentemente.

Na praia do Viral, em trecho mais próximo da desembocadura do rio Vaza-Barris os efeitos da erosão decorrem da influência direta dos agentes oceanográficos sobre a linha de costa, a qual, na linha do tempo, apresentou variações gradativas de recuos deixando consideráveis déficits no balanço sedimentar.

Na transição da praia do Mosqueiro para o Viral observa-se que extensa área de mangue foi soterrada por sedimentos arenosos sob os efeitos da ação eólica, estando ainda em ressaltos diversos fragmentos que serviram de obstáculo ao processo migratório das areias, contribuindo para a formação de dunas inativas frontais de pequeno a médio porte, algumas delas com desenvolvimento recente de vegetação, e em outras, com a presença de vegetação arbórea-

herbácea semifixadas. A ampla faixa de praia com pequenos fragmentos de plantas, galhos e tronco de árvores expostos no ambiente praiar, além de outros geoindicadores sugerem um ambiente de estabilidade e progradação, com grau muito elevado de vulnerabilidade física à erosão costeira pela relação de proximidade da desembocadura do rio Vaza-Barris e exposição aos agentes oceanográficos (Figura 50).



Figura 50: Extensa área de mangue nas cercanias do Farol de São Cristóvão.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2022.

No ambiente de pós-praia registra-se a presença do farol de São Cristóvão desativado e interceptado pela dinâmica eólica, além de vestígios de fragmentos de mangue em suas cercanias. Verifica-se na área a inexistência de ocupação.

3.3 Perfil e estágios morfodinâmicos sazonais das praias arenosas oceânicas

Na determinação de zonas de risco para o uso e ocupação de ambientes praias por atividades antrópicas diversas, é de fundamental importância o conhecimento prévio do comportamento do perfil de praia e da linha de costa. Neste sentido, para subsidiar, nos órgãos de gestão, políticas de planejamento de médio e longo prazo visando a ocupação de áreas potencialmente vulneráveis, o monitoramento através da observação regular das mudanças na configuração e características da praia podem auxiliar na delimitação das feições morfológicas, permitindo que o processo de transporte sedimentar transversal não seja interrompido (ARAÚJO, 2020).

Assim, considerando a dinamicidade do ambiente costeiro, as praias apresentam perfis topográficos transversais que oscilam de acordo com a configuração da morfologia costeira e da plataforma continental contígua ao litoral, além da ação direta do clima de ondas, da granulometria e estoque sedimentar disponível e dos processos produzidos pela energia das marés e deriva litorânea. Conforme entendimento de Weschenfelder e Zouain (2002), tais fatores associados condicionam os processos erosivos e deposicionais no sistema costeiro.

Na designação do perfil praiial para verificação das variações morfodinâmicas, considerou-se, na análise, três compartimentos: antepraia (parte superior da *shoreface*); o estirâncio (*foreshore*) e o pós-praia (*backshore*).

No litoral do município, o ambiente de pós-praia nos pontos de observação, coleta e monitoramento: 1 (Praia dos Artistas); 2 (Praia do Havaizinho); 3 (Praia da Aruana); 4 (Praia do Robalo); 5 (Praia do Mosqueiro) e 6 (Praia do Viral) apresentam larguras variáveis, com morfologia plana no conjunto do ambiente, exibindo ondulações arenosas de pequeno e médio porte, caracterizando a formação de dunas em estágios evolutivos diferenciados, marcada pelo espraçamento da vegetação de praias e dunas e restinga arbórea-herbácea pouco densa bem desenvolvida e semifixada, a exemplo das praias do Havaizinho no bairro Atalaia, da Aruana e Mosqueiro na antiga Zona de Expansão (Figuras 51, 52 e 53).



Figura 51: Ampla área de retropraia vegetada na praia do Havaizinho.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 52: Ampla área de retropraia parcialmente vegetada na praia da Aruana.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 53: Ampla área de retropraia parcialmente vegetada mostrando o baixo nível de ocupação na praia do Mosqueiro.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023

A zona intertidal menor ou estirâncio (*foreshore*) compreende a zona frontal da praia entre os batentes de preamar e baixa-mar. Apresenta comprimento variável no correr das quatro estações, registrando-se o menor valor (64,3 m) no outono na praia dos Artistas, e o maior valor (212,0 m) na praia da Aruana no período do inverno (Quadro 3). Outras praias se destacam pelas maiores extensões desse ambiente: praia do Mosqueiro (166,3 m) e Havaizinho (197,2) na primavera, praia dos Artistas (113,0 m) no verão e praia do Viral (180,5 m) no outono.

QUADRO 3: Litoral de Aracaju, largura transversal da face praial de acordo com as estações, 2021/2022.

Estações	Praia dos Artistas	Praia do Havaizinho	Praia da Aruana	Praia do Robalo	Praia do Mosqueiro	Praia do Viral
Outono	64,3	192,5	157,1	126,4	115,3	180,5
Inverno	82,5	178	212	150	151	161
Primavera	109,1	197,2	159	152,5	166,3	118,5
Verão	113	142	133	95	88,3	108,6

Fonte - Trabalho de Campo, 2021/2022.

No litoral do município de Aracaju, esse ambiente da paisagem costeira, exposto durante a maré baixa, está diretamente relacionado a estabilidade do atual nível do mar, exibindo feições acumulativas muito simples e não estáveis, consequentes dos mecanismos hidrodinâmicos costeiros, da atividade bioquímica e da permanente sedimentação. Essa compartimentação bem caracterizada no ambiente praial, está coberta por depósitos arenoquartzosos bem selecionados de granulação variada, apresentando coloração branca e ocre (Figuras 54 e 55).



Figura 54: Comprimento transversal do estirâncio medindo 166,3 m no ponto de coleta e monitoramento, estação primavera, praia do Mosqueiro.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2021



Figura 55: Comprimento transversal do estirâncio medindo 180,5 m no ponto de coleta e monitoramento, estação outono, praia do Viral.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2021.

A variabilidade na direção e intensidade dos ventos na área costeira, implica em constantes modificações no perfil praial, motivo pelo qual altera o equilíbrio da praia tornando-o apenas temporário, com o balanço entre erosão e deposição sujeito a ciclos. Da ação entre as forças erosivas e deposicionais tem lugar o estabelecimento do perfil de equilíbrio na praia, no qual a quantidade de sedimentos depositados é contrabalançada pela quantidade erodida. Assim, o ganho ou perda de areia, de acordo com a energia das ondas repercute na variação do perfil transversal e dessa forma, “ao adaptar seu perfil às diferentes condições oceanográficas, a praia desempenha papel fundamental na proteção do litoral contra a erosão marinha” (MUEHE, 1994, p. 292).

A zona costeira do município engloba praias com padrão de arrebentação de ondas do tipo deslizante ou progressivo, devido à configuração topográfica de baixa declividade da plataforma continental. A zona de surfe possui largura considerável variando em torno de 100 e 300 metros (RIBEIRO, 2012). Devido ao tipo de arrebentação as primeiras linhas de quebra de ondas originadas no limite superior da zona de surfe se refazem em média 6 e 10 vezes até o momento do espraçamento na face praial, justificando o baixo gradiente de declividade desse ambiente.

Na extensão da linha de costa, tem-se as praias dos Artistas, do Havaizinho, da Aruana, do Robalo, Mosqueiro e do Viral. Essas praias, apresentam características morfológicas que variam com o decorrer do tempo e com as condições dos agentes oceanográficos responsáveis pelos seus depósitos, de maneira que não fogem às regras da variabilidade comuns às praias em geral. O material disponível para o transporte marinho provém diretamente da erosão da planície arenosa costeira adjacente, dos cursos d'água existentes na área e da plataforma continental.

A declividade verificada no estirâncio, a partir dos pontos de observação, coleta e monitoramento, variou entre 1,49° no outono, na praia do Robalo, e 2,2° no inverno, nas praias do Mosqueiro e Viral (Quadro 4). Estudos realizados por Klein (1977), identificam o estágio morfodinâmico de praias oceânicas através da declividade da face praial. Neste sentido, a correlação da declividade da face da praia com o estágio morfodinâmico foi elaborada para litorais que apresentam amplitudes inferiores a 2 metros (micro marés). Entretanto, o ajustamento dessa classificação para trechos do litoral que apresentam variações de marés entre 2 e 4 metros, permitiu sua aplicabilidade naqueles trechos do litoral da Bahia e Sergipe que apresentam mesomarés, com amplitude variáveis entre 2 e 4 m (TESSLER; GOYA, 2005).

QUADRO 4: Litoral de Aracaju, classificação do estágio morfodinâmico conforme a declividade da face de praia, 2022.

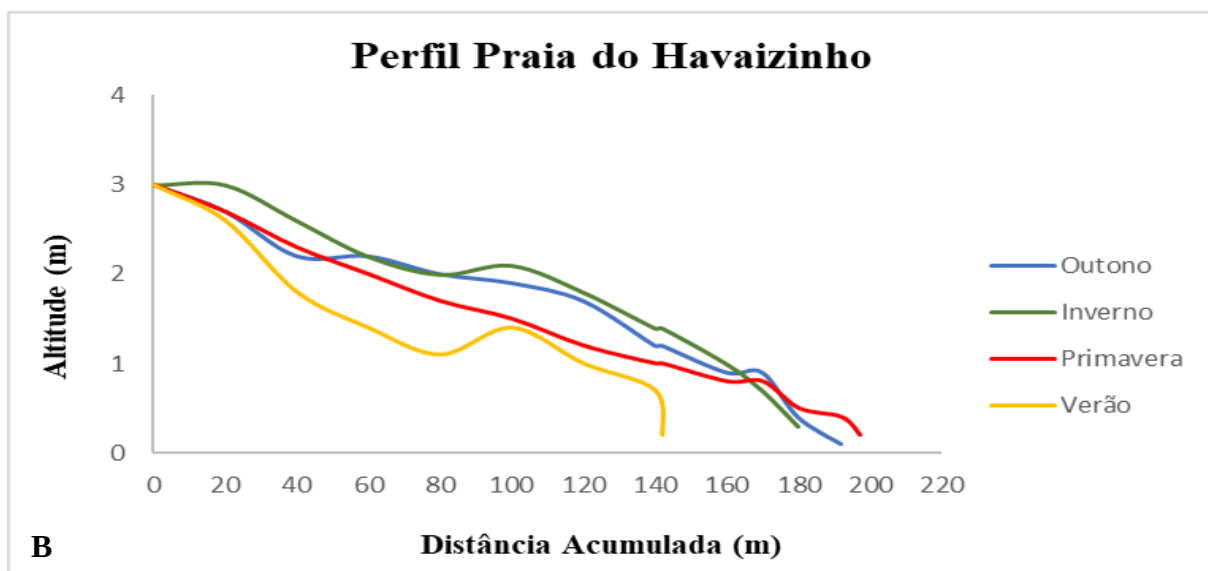
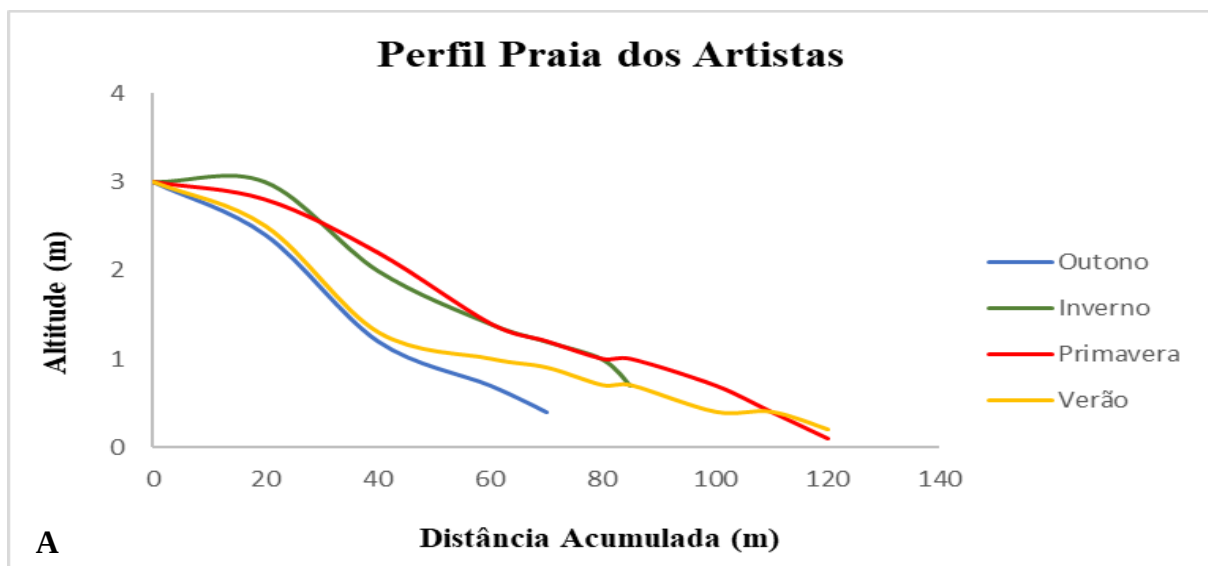
Datas de Medição	Praia dos Artistas		Praia do Havaizinho		Praia da Aruana		Praia do Robalo		Praia do Mosqueiro		Praia do Viral	
	Declive	Estágio	Declive	Estágio	Declive	Estágio	Declive	Estágio	Declive	Estágio	Declive	Estágio
OUTONO	1,52°	Dissipativo	1,81°	Dissipativo	1,52°	Dissipativo	1,49°	Dissipativo	1,71°	Dissipativo	1,9°	Dissipativo
INVERNO	2,1°	Dissipativo	2,1°	Dissipativo	1,92°	Dissipativo	1,81°	Dissipativo	2,2°	Dissipativo	2,2°	Dissipativo
PRIMAVERA	1,8°	Dissipativo	1,7°	Dissipativo	1,73°	Dissipativo	1,69°	Dissipativo	1,7°	Dissipativo	1,65°	Dissipativo
VERÃO	1,8°	Dissipativo	1,6°	Dissipativo	1,63°	Dissipativo	1,61°	Dissipativo	1,53°	Dissipativo	1,52°	Dissipativo

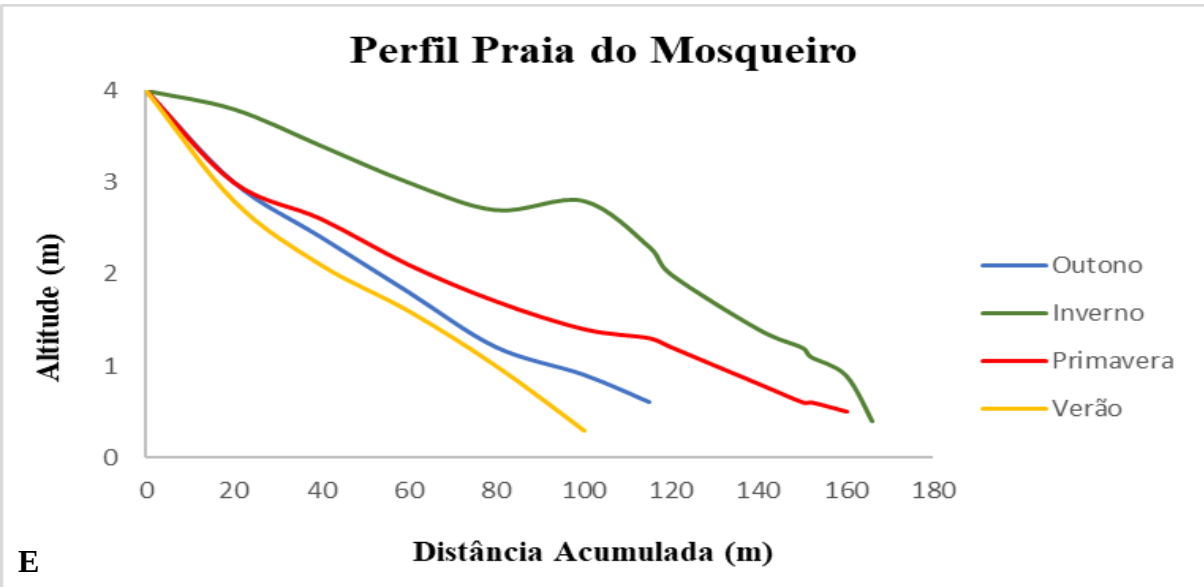
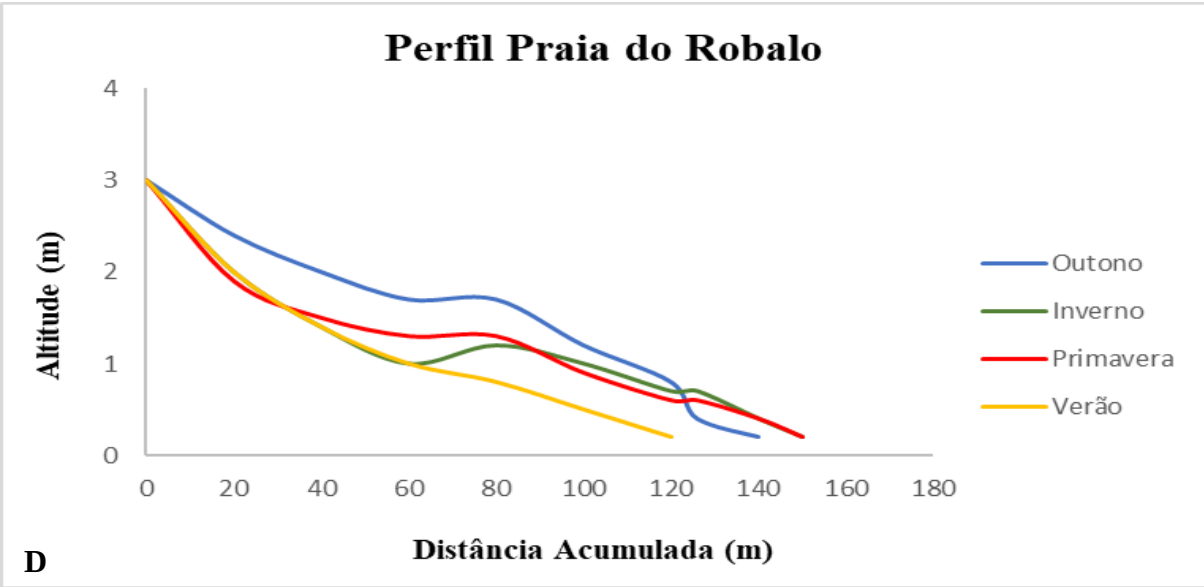
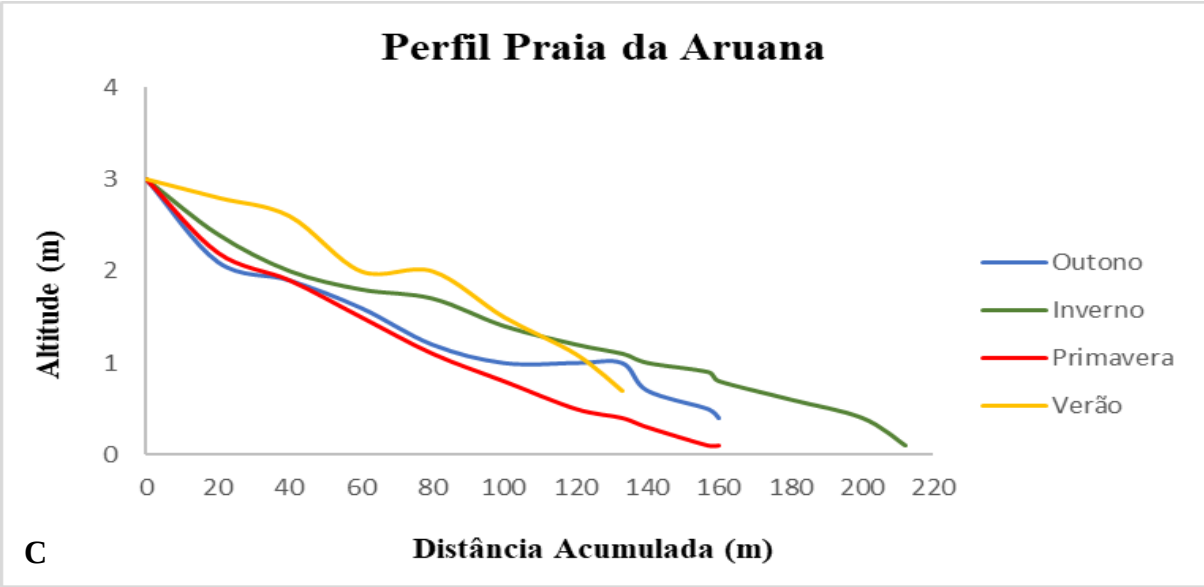
Fonte - Trabalho de Campo, 2021/2022.

No caso do município de Aracaju, os dados apresentados no quadro 2 mostram que nas estações primavera/verão e outono/inverno, o gradiente de declividade da face praial manteve-se baixo e uniforme na totalidade das praias, elevando-se os valores durante o inverno. O estágio morfodinâmico dissipativo foi frequente na extensão litorânea, evidenciando tendência deposicional nas estações, favorecendo o prisma praial com acresção no seu estoque de sedimentos. De acordo com Shepard (1950), essa inversão no processo de sedimentação principalmente no inverno, naturalmente caracterizado pela erosão, deve-se as condições

ambientais que envolvem o instante de ocorrência de fenômenos meteorológicos interferindo nas condicionantes oceanográficas, possivelmente contribuindo para alterações morfológicas da praia. Como afirma Araya Vergara (1986), o perfil de inverno não é sinônimo de erosão, experimentos comprovam que processos de acreção podem estar ligados ao impacto de ondas de tempestade.

Assim, no comportamento morfodinâmico do sistema praial do município, verificou-se uma intrínseca interação entre as características sedimentológicas e variações na energia de ondas. O perfil praial apresentou variações topográficas de acordo com a sazonalidade, mas percebeu-se que nas praias, no processo de acumulação e erosão houve influência do impacto de ondas de tempestade, principalmente nas altas de maré entre os dias 24, 25 e 26 de maio de 2021 (outono), tendo a maré atingido o seu máximo de 2,2 m nesses respectivos dias, e predomínio de ventos fortes 46,3 Km/h em todo litoral nos dias 5 a 9 de setembro de 2021 (inverno) com alta de maré atingindo 2,1 m nos dias 6 a 9 (Figura 56: A, B, C, D, E e F)





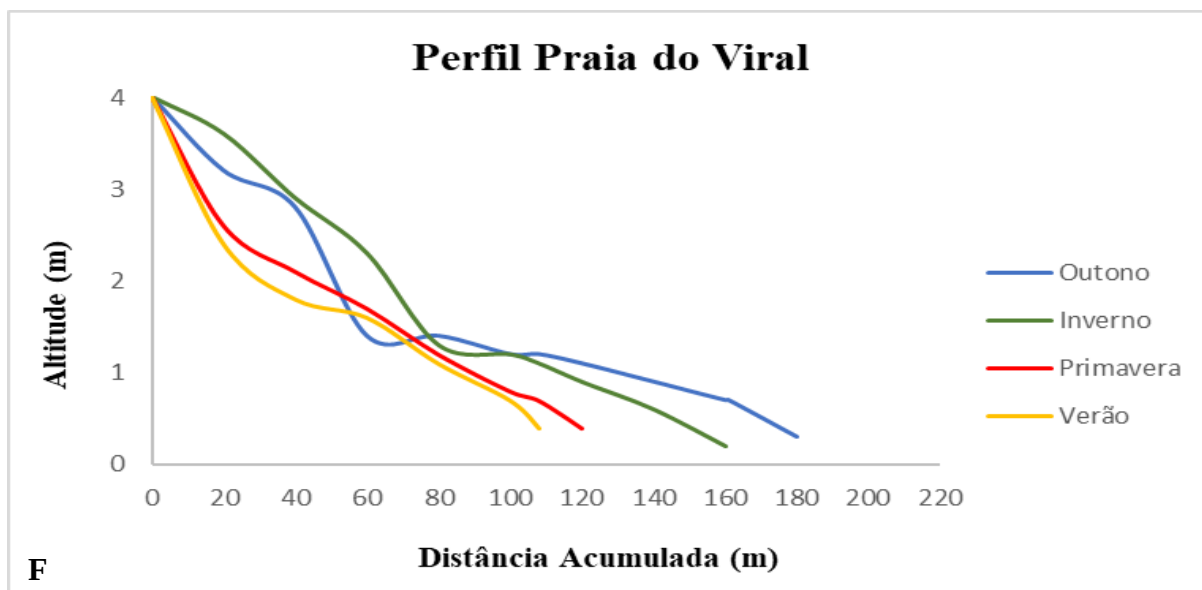


Figura 56: A, B, C, D, E, F - Comportamento dos perfis topográficos de acordo com as estações do ano.

Fonte - Trabalho de Campo, 2021/2022.

Observou-se que nas praias, os perfis topográficos do outono apresentaram uma ligeira aproximação com os perfis típicos do inverno, visto, em todas elas, a linha de variação exibir convexidade voltada para baixo, sugerindo pouca mudança do comportamento na morfodinâmica nas primeiras semanas do outono. No inverno, a formação de perfil de concavidade voltada para cima, mostrou-se frequente nas praias do Havaizinho, Robalo e Mosqueiro, conservando essa característica dominante do período estacional, mesmo havendo possibilidades de mudanças pelos eventos climáticos.

Nas quatro estações, os perfis praias apresentaram encurtamento da faixa de areia, devido a incidência de ondas de maior energia no litoral retirando sedimentos do prisma praiar emerso e os depositando no ambiente submerso. Essas ondas destrutivas no processo de ação contribuíram para o déficit do estoque sedimentar refletindo na morfologia da praia. Durante o inverno, a diminuição da faixa praiar ocorreu com mais evidência na praia dos Artistas, sugerindo maior dinamicidade na relação morfológica, energia de ondas e estruturas costeiras.

A granulometria dos sedimentos também serviu de base na definição dos estágios morfodinâmicos do perfil praiar no litoral do município, pois, além de se verificar a composição, observou-se as características espaciais na extensão da zona costeira. Nas seis praias arenosas, os sedimentos expostos na face praiar são bem selecionados, tendo a análise laboratorial das amostras coletadas em campo, comprovado predomínio de sedimentos de granulometria muito fina variando entre 0,088 mm a 0,062 mm e fina com intervalos entre 0,250 mm a 0,125 mm, segundo a escala granulométrica de Wentworth (1922), com maior domínio nos trechos estabilizados ou em processo de progradação (Figura 57). Esses dados

confirmam os estudos sedimentológicos realizados por Mendonça Filho, (1998) em profundidade mínima, no litoral de Aracaju, que evidenciou uma maior porcentagem de areia fina (2,5 – 3,0Ø) e muito fina (3,0 – 3,5Ø), com frações de areia média (1 - 2Ø) menores que 2%.

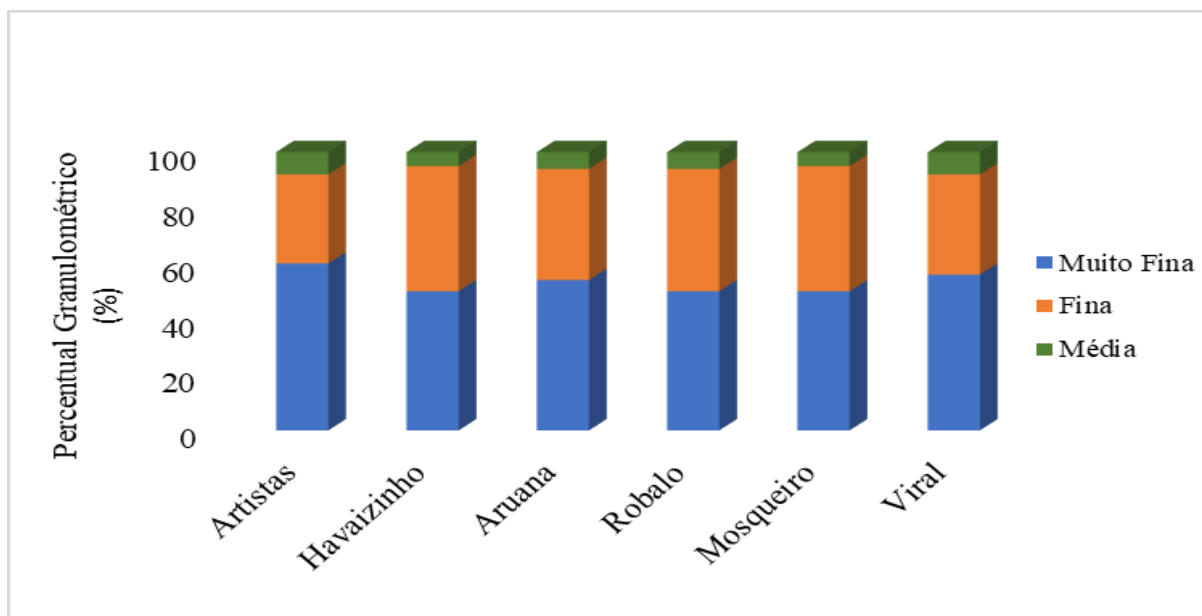


Figura 57 – Distribuição granulométrica dos sedimentos arenosos da face praial.

Fonte: Trabalho de campo, 2021/2022.

Organização: Rafael da Cruz, 2023.

Na amostra localizada na praia de Atalaia extensiva a praia do Havaizinho, o desvio padrão encontrado de 0,56, indicou sedimento moderadamente selecionado (0,5 – 0,6). Segundo Muehe (2009), praias com perfis dissipativos são susceptíveis a erosão, a presença de sedimentos finos e muito finos na composição do ambiente, em geral bem selecionados e não consolidados, são, portanto, de fácil mobilização de acordo com a característica da energia das ondulações.

Verificou-se, portanto, nas observações de campo, durante o período de monitoramento da zona costeira, que os sedimentos arenosos de granulação média são dominantes nos trechos da linha de costa sob os efeitos da erosão ou que experimentaram o fenômeno em curto e médio prazo, sobretudo nas desembocaduras fluviais dos rios Sergipe e Vaza-Barris.

4. PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS DE RISCO DE EROSÃO POR RAVINAS E VOÇOROCAS NO ESPAÇO INTRAURBANO DE ARACAJU

4.1 Os processos morfogenéticos na origem e evolução das feições erosivas

Como regra, os principais processos erosivos nos centros urbanos são causados pelas águas das chuvas. Esses processos são agravados pela ação humana, através da alteração das características das condições naturais, seja pelo desmatamento, remoção e ocupação de encostas e aumento das áreas impermeabilizadas, seja pela criação de caminhos preferenciais por meio de construção de vias de acesso (GALERANI *et al.*, 1995).

Analisando as áreas de risco na malha urbana de Aracaju e os elementos componentes do sistema ambiental físico da cidade, Araújo (2002), constatou nas encostas das zonas norte, oeste e sul, a manifestação da erosão laminar e linear que decorrem da umidade climática, favorecida pela localização geográfica do município, próximo ao litoral e, da natureza argilosa do material de cobertura que as constituem, na maioria dos casos, sem a proteção natural da cobertura vegetal.

As observações de campo, realizadas no período outono/inverno, ou logo após a ocorrência de eventos pluviais extremos, sugerem para as feições erosivas registradas nas encostas urbanas das zonas norte, oeste e sul de Aracaju, graus evolutivos diferenciados associados a diferentes estágios, por terem sofrido a ação inicial da erosão laminar causada pelo escoamento difuso das águas de chuva que, ao se acumularem nas depressões do terreno, descem pelas encostas devido à saturação do solo e pouca retenção das águas pelas poças (*ponds*). A fase posterior a essa, é a erosão linear, predominante nas encostas, provocada pela concentração das linhas de fluxo das águas superficiais, resultando em sulcos na superfície do terreno que ao aprofundarem causam o aparecimento das ravinas, conforme ilustram as figuras 58, 59 e 60.

Na análise qualitativa da erosão em campo, observou-se o recente papel exercido pela água de escoamento superficial em várias feições esculpidas sobre as encostas das referidas zonas, apresentando, inclusive, estruturas sedimentares ou erosivas efêmeras, como indicativo de direções de fluxos que, em situações ocasionais, são suficientes algumas chuvas para apagá-las da superfície do solo. Assim, sob o efeito do impacto provocado pelas gotas de chuva, as estruturas de fluxo podem se dissiparem, e a superfície sedimentar ou erosiva compactar-se.



Figura 58: Evolução de cicatrizes erosivas sob o efeito do escoamento laminar e linear nos dois níveis da encosta (transição de sulcos para ravinas – estágio 1), Conjunto residencial Santa Lúcia no Bairro Jabotiana.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.



Figura 59: Evolução de feições erosivas sob o efeito do escoamento laminar e linear nos dois níveis da encosta (transição de sulcos para ravinas – estágio 1), Av. Gen. Euclides Figueiredo, Bairro Japaozinho.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.



Figura 60: Formação de sulcos evidenciando o início do escoamento superficial sobre o material saturado da encosta. Rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Em situações ocasionais, notou-se que, mais ao norte da cidade, o mecanismo gerador da feição erosiva no local não tem atuado a algum tempo, e por isso, a superfície compactada já apresenta indícios de desenvolvimento de uma crosta de poucos milímetros, na qual se concentram argilominerais e óxidos, principalmente o de ferro. Em situações dessa natureza, poderá ocorrer com o passar do tempo, leveduras e musgos que começam a colonizar a crosta criada sobre as feições erosivas, podendo, em alguns casos, desaparecer quando a vegetação colonizar a área onde o mecanismo atuou antes.

O aumento dos efeitos do escoamento superficial nas encostas em Aracaju, ocorre quando a quantidade de água precipitada geralmente é maior do que a velocidade de infiltração, devido à baixa permeabilidade do solo e grau de plasticidade da argila, pouco resistente a ação das águas pluviais. Essa situação, também decorre da pouca presença da cobertura vegetal, que através da energia cinética facilita o impacto da ação mecânica das gotas de chuva, causando a saltitação que promove maiores taxas de erosão do solo quando arranca e desloca partículas de terra em direções e distâncias diferenciadas. Exceção à regra, verifica-se no Morro do Urubu, na zona norte da cidade, que pelo fato de se constituir em área de preservação ambiental, guardando ainda um estoque considerável de Mata Atlântica, os efeitos engendrados pela água de escoamento são quase imperceptíveis, ocorrendo, pontualmente, nas porções leste e oeste de forma natural, bem como ao norte, onde houve intervenção mais direta da população e/ou município para construção de casas (Figuras 61, 62 e 63).



Figura 61: Evolução do escoamento superficial pela concentração do fluxo de água no interior de voçoroca originada após movimento gravitacional de massa associado aos escorregamentos translacionais (estágio 2) no bordo leste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.



Figura 62: Efeitos do escoamento superficial concentrado evidenciando processo inicial de ravinamento (estágio 1) em encosta íngreme da rua D, Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 63: Efeitos do escoamento superficial concentrado em encosta íngreme da rua São Francisco, Bairro Cidade Nova. Observa-se a presença de fissuras longitudinais nos terços médio e inferior, além dos depósitos de sedimentos arenoargilosos inconsolidados e não coesivos pela exposição à chuva, em toda extensão da base, no limite com a estratificação de arenito.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Segundo Guerra (1999), a energia cinética determina a erosividade, que é a habilidade da chuva em causar erosão. A determinação do potencial erosivo depende, principalmente, dos parâmetros de erosividade (intensidade, duração e quantidade de chuva) e também das características das gotas de chuva que variam no tempo e no espaço. A propósito, observa o referido autor que, além da influência da água precipitada, o vento é um outro elemento da natureza que pode afetar diretamente a erosividade, especialmente se a chuva for atingida por eventos violentos. Em Aracaju, pelas condições climáticas predominantes, tais eventos, geralmente ocorrem, muitas vezes, fora do período regular de chuva, notadamente na primavera e/ou verão.

De todo modo, verifica-se na prática que, além da energia cinética, outros fatores, como por exemplo os químicos, influenciam no processo erosivo e, portanto, fica difícil de definir um valor universal para deflagrar o processo, sob quaisquer circunstâncias.

4.2 Feições erosivas do Grupo Barreiras nas zonas norte, oeste e sul

O desenvolvimento de feições erosivas, como as ravinas, é muito comum nas encostas urbanas da cidade de Aracaju. As ravinas ocorrem, preferencialmente com a evolução dos

sulcos, a partir de uma pequena incisão longitudinal no solo. O registro de ocorrências das ravinas visualizadas na figura 64, evidencia que elas resultaram da concentração de fluxo da água em canais bem pequenos e em pontos aleatórios da encosta, denunciando aumento do fluxo e diminuição da velocidade, devido ao aparecimento da rugosidade em maior quantidade. Na opinião consensual dos especialistas no assunto (GUERRA, 1999; CARVALHO *et al.*, 2006; BIGARELLA *et al.*, 2007), na fase posterior a essa efêmera incisão longitudinal, é muito comum a ocorrência de uma queda simultânea da energia do fluxo, causada pelo movimento das partículas que são transportadas por pequenos canais em formação e que são os embriões das futuras ravinas.



Figura 64: Morro de topo convexo com sulcos e ravinas em processo de evolução pela ação do escoamento superficial concentrado (estágio 2), Bairro Santa Maria.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.

Vale ressaltar que a formação de ravinas é um processo erosivo crítico, frequentemente associado a um rápido aumento na concentração de sedimentos transportados pelo escoamento superficial (*Run-off*). Uma vez estabelecidas em uma encosta, as ravinas tendem a evoluir através de bifurcações em pontos de rupturas, podendo desencadear a formação de voçorocas, conforme se constata nas figuras 65 A e B, 66, 67 e 68.



Figura 65: A e B – Formação de ravinas e microrravinas denunciando processo erosivo mais crítico do estágio 2 com tendência ao voçorocamento em encostas de topo convexo no bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas. Predomínio das cores vermelho-amarelada devido à presença de óxido de ferro, silício e alumínio.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 66: Formação de ravinas nos terços superior e médio do Morro do Avião, denunciando processo erosivo mais crítico. Na extensão da encosta, observa-se o dismantelamento de blocos de arenito consolidado acumulados na base, Bairro Santa Maria.



Figura 67: Formação de ravinas denunciando processo erosivo mais crítico em encosta localizada na rua São Francisco do Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.



Figura 68: Situação da mesma encosta ravinada em 2023 (Fig. 67), evidenciando perdas significativas de sedimentos arenoargilosos pela intensificação da erosão na sua extremidade noroeste, com maior alargamento e aprofundamento das ravinas 1 e 2. Predomínio da coloração cinza-claro (montmorilonita rica em zinco e silício).

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Nas encostas, de um modo geral, visualizou-se ravinas que, em seu processo evolutivo, atingiram diversas fases, conforme os estágios 1 e 2, sendo a terceira, com o desenvolvimento de microrravinas, onde a maior parte da água escoada superficialmente concentrou-se em canais bem definidos, embora ainda bem pequenos e, a quarta fase, associada a formação de microrravinas com cabeceiras, originadas a partir da ação erosiva dentro das ravinas, demonstrando que nesse estágio o processo erosivo estaria alcançando um nível de equilíbrio dinâmico, quando surge uma zona de deposição de sedimentos abaixo das cabeceiras, indicando que a taxa de sedimentos produzidos excede a capacidade de transporte do fluxo de água (Figuras 69 A e B, 70, 71 e 72).

Sabe-se que as ravinas permanentes, persistentes no mesmo local, por períodos prolongados, quase sempre evoluem para voçorocas encosta abaixo, podendo formar estágios iniciais da evolução de redes de drenagem. No caso específico de Aracaju, embora existam ravinas permanentes, não se constatou nas encostas a evolução para voçorocas, que de fato, houvesse um aprofundamento vertical crítico e horizontal do processo erosivo com potencial para atingir o lençol freático.



Figura 69: A e B – Vista panorâmica de encostas sem o revestimento da cobertura vegetal, exibindo o desenvolvimento de microrravinas (terceiro estágio), entre as ruas D e São Francisco no Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2015.

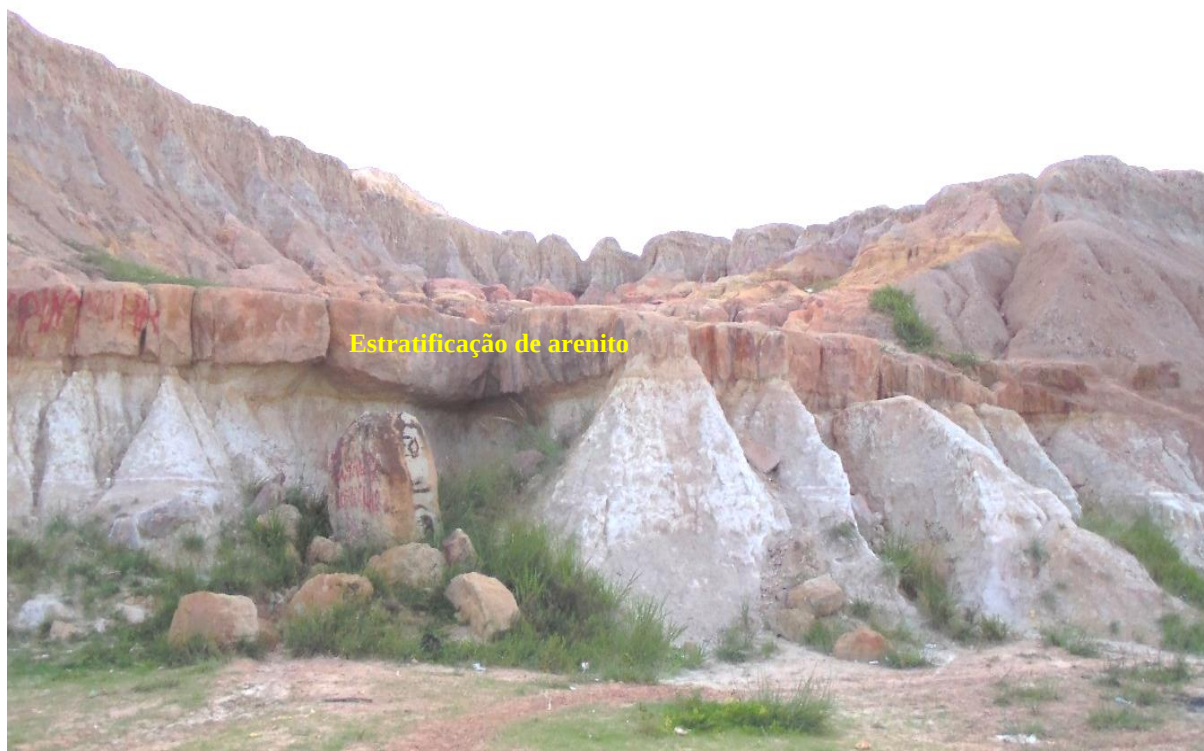


Figura 70: Formação de microrravinas com cabeceiras em processo de equilíbrio dinâmico (quarto estágio), em encostas situadas na rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.



Figura 71: Situação da mesma encosta (2023 - Fig. 70) evidenciando intensificação do processo erosivo com perdas significativas de sedimentos. Nota-se a presença de duto na base da encosta ravinada com acumulação de sedimentos arenoargilosos carreados do seu interior. No patamar superior delimitado pela estratificação de arenito consolidado formou-se uma zona de deposição de sedimentos já consolidados abaixo das cabeceiras das ravinas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

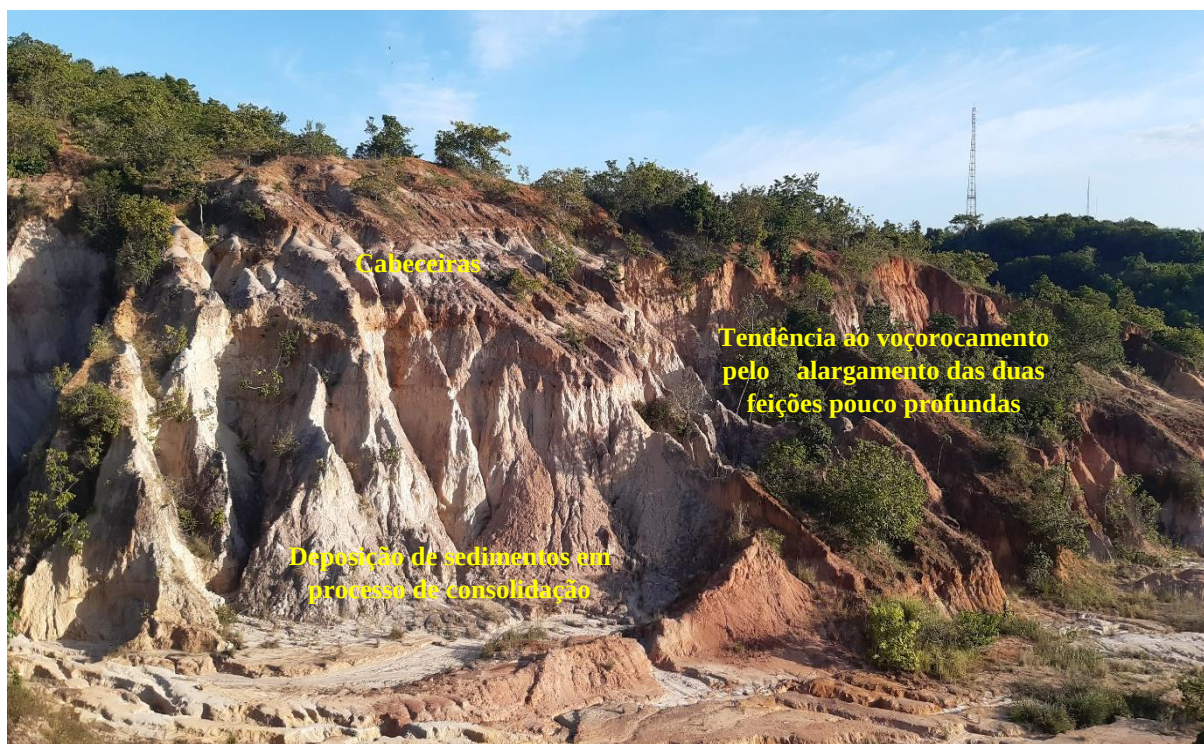


Figura 72: Encosta de topo convexo exibindo microrravinas com cabeceiras denunciando o quarto estágio do processo evolutivo, bordo oeste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Vale observar que nas encostas desprovidas de vegetação, ou até mesmo no interior das ravinas não se presenciou a formação de *pedestais* indicando a ocorrência de Salpicamento intercalado com remoção de partículas pelo escoamento superficial. Entretanto, verificou-se a interação de mecanismos individuais que contribuiriam para a ocorrência de outras feições erosivas, a exemplo de fendas e dutos visualizados na figura 71 como indicativo de movimento generalizado da encosta em torno da incisão erosiva. Tais feições servem de passagem para água proveniente da superfície da encosta.

Sobre as voçorocas como modalidade das feições erosivas, Araújo (2006) comentando a respeito do seu caráter dimensional enfatiza que,

(...) considera-se voçorocas incisões com largura e profundidade superior a 50 centímetros. Baseado nesse critério proposto pelo Glossário de ciência dos Solos, dos Estados Unidos em 1987, já se observa o aparecimento de voçorocamento com bastante evidência em vários pontos preferenciais para o ataque erosivo, da base para o topo, ao longo do comprimento em várias áreas nas porções norte e oeste de Aracaju (ARAÚJO, 2006, p. 257).

Já para Selby (1994), as voçorocas se formam quando um pequeno grupo de fatores se conjugam em áreas submetidas a mudanças ambientais, quais sejam: aumento local de declividade, concentração de fluxos de água e remoção de cobertura vegetal. Assim, no que diz respeito aos mecanismos responsáveis pelo processo erosivo, diferentes mecanismos

individuais atuantes em diferentes escalas de tempo e de espaço, associados a um regime variável de precipitações, contribuem com o processo erosivo ao longo do tempo.

As voçorocas de ocorrências nas zonas norte, oeste e sul de Aracaju, identificadas em imagens aéreas e constatadas em campo, dependendo dos estágios evolutivos em que se encontram, apresentam aberturas no sentido do alargamento e aprofundamento vertical bem diferenciadas, algumas delas, demandando a necessidade de aplicação de medidas corretivas para inibir o avanço do processo erosivo. A convergência de mecanismos que atuam sobre elas acaba gerando no seu interior feições erosivas como os sulcos e ravinas (Figuras 73, 74 A, B, C, D, 75 A e B, 76 A e B).

As voçorocas refletindo estágio mais evoluído do processo erosivo, geralmente se manifestam em Aracaju, nas encostas onde os efeitos da pressão antrópica é mais evidente e sem a proteção da cobertura vegetal como defesa natural do terreno contra a erosão, pois nos locais onde ocorre presença da vegetação a situação é bem diferenciada, considerando que há uma maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, uma dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial, um aumento da infiltração pela produção de poros no solo através das raízes e aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.



Figura 73: Sulcos e Ravinas no interior de voçoroca originada após movimento gravitacional de massa associado aos escorregamentos translacionais indicando rotas de organização do escoamento superficial concentrado, no bordo leste do Morro do Urubu, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.



Figura 74: A, B, C e D – Segmentos de uma mesma voçoroca, no sentido topo/base, evidenciando estágio avançado do processo erosivo no Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017.





Figura 75: A e B – Segmentos de uma mesma voçoroca evidenciando estágio avançado do processo erosivo. Proximidades da rua D, Bairro Cidade Nova. Ao fundo além da construção de casas de ocupação voluntária, tem-se condomínios populares de apartamentos construídos na parceria do Governo Federal (Caixa Econômica) com a iniciativa privada através de construtora.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 76: A e B – Medições morfométricas (largura, comprimento e profundidade) de uma mesma voçoroca em estágio avançado de evolução com segmento ravinado, Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz, 2022.

As encostas situadas nas zonas norte, oeste e sul da cidade indicam possibilidades de riscos para a população residente ou que está em processo de ocupação, pois, considerando as

características geológicas e geomorfológicas a elas inerentes, as edificações construídas no topo (terço superior), ao longo dos terços médio e inferior e nas cercanias de forma desordenada e desprovida de um planejamento eficaz do uso do solo, podem sofrer a ação direta de movimentos gravitacionais de massa associados aos deslizamentos de terra, desmoronamentos e/ou queda de blocos, de variada magnitude (Figuras 77).



Figura 77: Escorregamento de terra translacional em período chuvoso no Alto da Jaqueira, Bairro Cidade Nova.
Fonte: Defesa Civil, 2013.

Tratando-se da zona oeste da cidade, ressalta-se que na encosta localizada ao final da Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, prolongamento da Av. Desembargador Maynard, no bairro América, durante muito tempo presenciou-se pelo nível de ocupação antrópica no terço superior, a exposição de alicerces residenciais, colocando os assentados em situação de vulnerabilidade e riscos, principalmente durante as precipitações pluviométricas concentradas que mobilizavam o material mais fino, através do deslizamento de baixa intensidade (Figura 78 A e B).

O desmoronamento foi outro movimento gravitacional do regolito recorrente no passado na encosta do bairro América, devido ao solapamento basal causado pela ação antropogênica que, de forma indiscriminada, retirava material argiloso para atendimento de suas necessidades e da construção civil local. No bairro Santa Maria, esse tipo de movimento gravitacional de

massa geralmente ocorre com mais frequência quando o homem interfere no equilíbrio natural das encostas escavando na base para retirada de material, deixando um vazio, sem que haja nenhum controle de órgãos fiscalizadores municipais e estaduais e/ou preocupação com o uso sustentável do recurso da natureza.



Figura 78: A e B – Deslizamentos de terra no período chuvoso, expondo risco para as residências assentadas no terço superior, em encosta localizada na Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, Bairro América.

Créditos: Prefeitura Municipal de Aracaju, 2009.

Na zona norte, nos locais onde a topografia do relevo é mais acentuada, os movimentos gravitacionais de massa ocorrem com as chuvas intensas causando danos aos afetados de diversas ordens. Os resultados da estatística apresentada pela Defesa Civil do Estado no período 2009/2011, mostram que os deslizamentos de terra ocorrem todos os anos com maior frequência e amplitude nos Tabuleiros Dissecados em Colinas de declividade superior a 12% e grau de adensamento irregular de ocupação mista nas vertentes do Morro do Urubu, no bairro Porto Dantas, e em outras localidades dos bairros Cidade Nova, Soledade, Jardim Centenário e Coqueiral. O rastejamento de terra, embora não se manifeste com a mesma frequência dos escorregamentos, está na classificação tipológica dos riscos geomorfológicos em alguns bairros (Quadro 5).

Estudos recentes de mapeamento de detalhe (ARAÚJO, 2019), comprovou a potencialidade suscetível do bairro Cidade Nova aos escorregamentos translacionais com graus de riscos baixo, médio, alto e muito alto, variando de acordo com as condições de ocupação e localidade.

Quadro 5 - Aracaju - Distribuição e tipologia dos riscos geomorfológicos na zona norte, 2009/2011.

BAIRROS	LOCALIDADE	TIPOLOGIA DOS RISCOS GEOMORFOLÓGICOS
Cidade Nova	Av. A	Diversos focos de erosão acelerada; rastejamento e escorregamento.
	Travessa São João	Diversos focos de erosão acelerada; áreas vulneráveis a escorregamento.
	Ruas B, C, D e rua Santa Izabel	Diversos focos de erosão acelerada; rastejamento e escorregamento.
Soledade	Ruas M, P e adjacências	Focos de erosão acelerada; áreas vulneráveis a movimento de massa.
	Ruas 6, 7, 8 e adjacências	Focos de erosão acelerada; áreas vulneráveis a movimento de massa.
Jardim Centenário	Bela Vista com rua H2	Diversos focos de erosão acelerada (ravinas e voçorocas); rastejamento e desmoronamento.
Coqueiral	Rua Boa Vista e ruas adjacências	Ravinamento e voçorocamento; indícios de escorregamento.
Porto Dantas	Travessa Novo Eden	A falta de infraestrutura permite a intensificação da erosão acelerada como o ravinamento e voçorocamento.
	Travessa M	
	Rua D	

Fonte: Defesa Civil e pesquisa de campo entre 2009 e 2011.

Elaboração: Alizete dos Santos, 2012.

Outro movimento de massa que evidencia a situação de perigo para a população é a queda de blocos, muito frequente no bairro Cidade Nova nas encostas de morro sem a presença da cobertura vegetal, onde se observa grandes blocos de arenito com matriz argilosa desagregados e rolados pela força gravitacional estacionados nos terços médio e inferior. Embora não haja ocupação humana e o ambiente seja muito visitado por religiosos evangélicos em contemplação diária, existe a situação iminente de riscos para as residências construídas nas suas proximidades sem levar em consideração um padrão mínimo de distanciamento. De igual modo, essa situação se repete no bairro Santa Maria (Figuras 79 e 80 A e B).



Figura 79: Queda de blocos de arenitos depositados nos terços médio e inferior de encosta ravinada na rua D do Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2017 a e b, 2023 c.



Figura 80: A e B – Queda de blocos de arenito depositados nos terços médio e inferior de encosta intemperizada com pouca participação da cobertura vegetal. Rua São Francisco, Bairro Cidade Nova.

Aracaju, por sua condição climática, está sujeita aos desastres naturais associados aos movimentos gravitacionais de massa nas encostas. Por isso, o entendimento da fenomenologia dos possíveis desastres é condição essencial, pois sem o conhecimento da forma e extensão, bem como das causas dos movimentos gravitacionais de massa, nunca se chegará a uma medida preventiva ou mesmo corretiva que implique maior segurança.

5 – INTEVENÇÃO DO ESTADO NO CONTROLE E PREVENÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA EROSÃO URBANA EM ARACAJU

5.1 O papel do Estado no processo de ocupação e degradação do solo urbano

Na primeira metade do século XX, o crescimento econômico do estado de Sergipe influenciou no processo de urbanização de Aracaju, quando a cidade passou a ter um grande aumento da sua população. Nessa época, o Estado iniciou a implantação de equipamentos urbanos importantes, possibilitando o expansionismo urbano. A partir da década de 1950, Aracaju passou a se inserir no contexto de crescimento das demais cidades brasileiras.

Desse período em diante, surgiram os primeiros conjuntos habitacionais recebendo total incentivo dos Governos Federal e Estadual, desencadeando, a partir de então, os problemas ambientais com a retirada da vegetação para as construções, aterramentos, destruição de dunas e outros domínios da natureza, tendo Porto (1945), considerado essa fase como de “*conquista da duna*”, por ter contribuído para a formação das periferias desestruturadas, denominadas por Vilar (2006), de periferia noroeste e periferia sul com uma melhor infraestrutura. No primeiro caso, sendo incluídos os bairros pobres e, no segundo, os que fogem ao padrão terceiro-mundista da outra periferia.

É importante salientar que, de 1930 a 1964, o uso e ocupação do solo se deu muito mais em função da iniciativa privada que a estatal, coincidindo com a política do Estado Novo e a Segunda Guerra Mundial. Surgiram novos bairros sem apoio governamental, a partir da iniciativa da população mais pobre, que passou a ocupar o solo mais barato.

Entretanto, é na década de 1960, que emergem justificativas que visavam atender ao crescimento ascendente da população da capital, com forte influência da política habitacional praticada no país. Apesar da constante presença do Estado nas questões socioeconômicas e ambientais, verificou-se a sua cumplicidade na causa de danos ou permissão de sua ocorrência, estabelecendo-se um palco permanente de conflitos ambientais, legitimados e perpetuados por políticas públicas habitacionais implantadas ao longo da história.

Assim, a construção de grandes conjuntos residenciais, o controle Estatal da provisão habitacional e o protagonismo do poder público estadual por meio das Companhias Estaduais de Habitação (COHAB) são características desta fase.

A transformação ou conversão do solo para uso urbano em locais com restrições naturais a ocupação residencial, gera instabilidade ambiental e coloca em risco a população que se

instala. Neste sentido, o processo de ocupação nos ambientes frágeis à dinâmica urbana de Aracaju contribuiu para o desenvolvimento da erosão acelerada e dos desastres naturais nas áreas de encostas que apresentam gradiente de inclinação moderadamente acentuado. Ressalte-se aqui, o desmonte nos anos 1980, de parte do Morro da Piçarreira no bairro Santa Maria, para ampliar em aproximadamente 500 metros a pista de pouso do aeroporto Santa Maria, aliado à implantação de projetos urbanísticos e residenciais, visando construir conjuntos habitacionais implementados pelo governo do Estado (Decreto nº 9.640/1988), que resultou na degradação ambiental local, contribuindo para o assoreamento dos rios Pitanga, Poxim e do Canal Santa Maria.

Em 1990, verifica-se a concretização da política habitacional planejada na década de 1980, consolidando o processo de metropolização de Aracaju e o caráter de descontinuidade do processo de ocupação. Pois, no dizer de Vargas (2002, p.15) “a cidade dos conjuntos adensa-se mais ao norte, mas ainda apresenta espaços vazios, mantendo a descontinuidade e a desordem, sobretudo na conexão dos conjuntos com o restante da malha viária.” Além disso, ainda afirma que “a persistente escassez de recursos aplicados na gestão urbana, aliada a constante aplicação de tecnologias e concepções errôneas e equivocadas colaboraram para a contínua depredação do meio natural e a consequente perda de qualidade de vida” (VARGAS, 2002, p. 15).

Sem dúvida, como bem afirma Vargas (2002), essa contínua depredação do meio natural resulta do acelerado processo de crescimento urbano de Aracaju que mais ainda do que em décadas anteriores, a partir de 2000 ampliou a concentração da população local, sobretudo voltada para o eixo sul, impondo novos mecanismos e funções aos elementos que atuam diariamente no território. Para Vilar (2010), esse crescimento resultou de estratégias utilizadas pelo Poder público e das reais possibilidades de a planície costeira abrigar excedentes populacionais e assumir funções urbanas na cidade de Aracaju.

Neste aspecto, o agravamento da erosão verificada em diversas localidades de ocupação urbana em Aracaju, está relacionado ao crescimento vertiginoso da cidade sem planejamento específico, direcionado para o uso e ocupação do solo, de acordo com a capacidade natural de suporte impostas pelas demandas do desenvolvimento socioeconômico. Além disso, a ocupação desordenada da população em áreas de maior declividade dinamizando as vertentes, acaba estimulado o processo erosivo que ameaça a sua própria sobrevivência, principalmente nos terrenos argilosos que abrangem diversos bairros das zonas norte, oeste e sul da cidade.

Esta ocupação instalada nas encostas dos Tabuleiros Costeiros ou nas suas proximidades com desmonte de morro, por ato voluntário e/ou pela intervenção pública através do Estado e Município na parceria com o Governo Federal pelo Ministério do Desenvolvimento Regional

e Caixa Econômica Federal, aumenta o desequilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese em escala local, como se verifica com a retomada de erosão linear e processo de ravinamento e voçorocamento de encostas nas proximidades das áreas de ocupações urbanas recentes não somente na zona sul, bairro Santa Maria, mas em outras localidades das zonas norte e oeste (Figuras 81 e 82).



Figura 81: Imagem aérea evidenciando processo erosivo acelerado em área de intervenção pública estadual para ampliação da pista do aeroporto no Bairro Santa Maria.

Crédito: Antônio Carlos Campos, 2010.



Figura 82: Ocupação irregular no terço médio e inferior da encosta e processo de ravinamento associado ao escoamento superficial concentrado no Bairro Porto Dantas.

Crédito: Alizete dos Santos, 2011.

Adotando a abordagem geossistêmica para análise do adensamento urbano de Aracaju, Bezerra *et al.*, (2020) enquadraram a zona norte na classe de Paisagem Regressiva, onde o grau de antropização fortemente visível reserva-se aos bairros de ocupação populacional aí localizados (Santo Antônio, Industrial, Palestina, 18 do Forte, Porto Dantas, Japaozinho, Cidade Nova, Soledade, Lamarão, Santos Dumont, Jardim Centenário, Bugio), refletindo a estratificação socioeconômica através do seu padrão estético-construtivo e do seu ordenamento espacial. Nesta zona, verifica-se a intervenção do Estado em parceria com a iniciativa privada através de construtoras no desmorte de morros para construção de habitações populares visando viabilizar o acesso de moradia adequada aos segmentos populacionais de renda familiar mensal de até três salários mínimos, com operacionalização garantida por meio de recursos do Orçamento Geral da União (OGU) e do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS – Figuras 83 e 84 A e B).

Assim, no rápido crescimento da cidade, houve a expansão tanto da sua área periférica, quanto da sua zona de expansão sobre os municípios vizinhos, a exemplo de Nossa Senhora do Socorro, resultando num processo de metropolização. Essa nova dinâmica urbana, segundo França (1999), gerou os assentamentos precários e alto grau de degradação ambiental.



Figuras 83: Intervenção do Estado no desmorte de morros para construção de habitações populares na Comunidade Coqueiral, Av. Gen. Euclides Figueiredo, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Givaldo dos Santos Bezerra e Hélio Mário de Araújo, 2014.





Figura 84: A e B – Construções recentes na parceria da Caixa Econômica Federal com a iniciativa privada através de construtoras e incorporadoras. Av. Gen. Euclides Figueiredo no trecho entre a Comunidade Coqueiral (Porto Dantas) e o Bairro Japaozinho.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Dentro da nova política habitacional brasileira, o Governo de Sergipe em parceria com a Caixa Econômica Federal, vem ocupando parte dessa área nas proximidades da ponte que dá acesso aos Conjuntos habitacionais Marcos Freire I, II e III, com a construção de casas populares para atender a população de baixa renda e, assim, contribuir para o decréscimo do déficit habitacional, diminuindo a existência de habitações improvisadas ou rústicas, a coabitação familiar involuntária e o ônus excessivo com aluguel. Assim, em 26 de setembro de 2016, foi inaugurado o Conjunto Residencial Senador José Eduardo Dutra com 551 unidades padrão e 29 unidades adaptadas para pessoas com deficiência (ARAÚJO *et al.*, 2020). Figura 85.



Figura 85: Conjunto Residencial Senador José Eduardo Dutra inaugurado no ano de 2016, construído na planície fluviomarinha do rio do Sal em área de supressão de mangue e antigos viveiros, Bairro Porto Dantas.

Créditos: Givaldo Santos Bezerra e Hélio Mário de Araújo, 2014.

A intensificação desse processo de antropização pelo Estado, se por um lado resgata o déficit habitacional para os mais carentes, por outro, deixa vestígios na paisagem natural irrecuperáveis, pela quebra do equilíbrio dinâmico do ambiente que, nem sempre, a variável *tempo* responde pela sua recuperação numa escala geológica previsível (ARAÚJO *et al.*, 2020).

5.2 Controle e prevenção dos processos erosivos urbanos em áreas de risco geomorfológico

A Geomorfologia em conexão com outras áreas do conhecimento (Engenharia, Geologia, Pedologia, Bioengenharia) desempenha um importante papel no processo de recuperação de áreas degradadas por erosão. Nem sempre a melhor solução precisa ser uma grande obra de contenção, muitas vezes pequenas técnicas naturais e de baixo custo, podem trazer benefícios semelhantes, sem transformar tanto a paisagem e a sua durabilidade pode ser igual ou até superior as obras tradicionais de contenção de encostas feitas pela engenharia.

De acordo com Salomão (1999), a adoção de medidas efetivas de controle preventivo e corretivo da erosão depende da dinâmica do funcionamento hídrico sobre o terreno, da dinâmica do uso do solo, suas propriedades físicas e químicas, bem como das condições climáticas em áreas urbanas, especialmente a interferência antrópica.

As medidas de reabilitação das encostas afetadas pela erosão e pelos movimentos de massa devem levar em conta os processos geomorfológicos que causaram esses impactos, bem como as características hidrológicas, geológicas e a ação humana. Por esse motivo, o conhecimento geomorfológico associado ao emprego de técnicas de contenção, vem contribuindo no controle e recuperação de processos erosivos em diferentes níveis e escalas.

A proteção de encostas é uma forma de atuação imprescindível em qualquer situação ou local, representando um investimento relativamente pequeno e, para encostas de grandes extensão e volume de terra, pode ser a única solução economicamente viável (CASTELLO; POLIDO, 1986). Neste sentido, o uso de estruturas de contenção torna-se inevitável em taludes de estabilidade crítica, principalmente naqueles que ameaçam vidas humanas (ARAÚJO, 2006).

Os métodos adotados para o controle erosivo variam de acordo com a necessidade local. O plano de ação presente nos principais métodos contém soluções individuais, ou até mesmo de grande envergadura, tais como manutenção de áreas permeáveis dentro dos lotes, cobertura com lona, sacos de areia, entre outras, passando por sistemas de microdrenagem e pavimentação (GALERANI *et al.*, 1995).

As técnicas de mitigação dos riscos geomorfológicos devem objetivar a estabilização das encostas. A aplicação das medidas estruturais e/ou não estruturais é viável ou não a

depende das características geográficas as quais se desenvolve o risco. De acordo com Carvalho (2006), as medidas estruturais são aquelas de cunho corretivo, de alto custo e frequentemente ocasionam impactos ambientais, como:

Obras de engenharia: são alternativas técnicas comumente aplicadas para a prevenção e controle de acidentes de deslizamentos em áreas urbanas. Há uma gama variada de possibilidades técnicas de engenharia capazes de garantir a segurança de uma dada área de risco geológico ou hidrológico, como: os retaludamentos, os aterros, entre outros;

Drenagem: as obras de drenagem têm por objetivo captar e conduzir as águas superficiais e subterrâneas das encostas, evitando a erosão, infiltração e o acúmulo da água no solo, responsáveis pela deflagração de deslizamentos;

Proteção de superfície: tende a impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração de água no maciço, sendo que essa proteção pode utilizar materiais naturais ou artificiais, devendo-se sempre optar pela utilização de materiais naturais, o que são mais econômicos.

Outra medida de controle de erosão e movimento de massa é a instalação de muros, geralmente usados para oferecer resistência a um deslizamento ou reter os blocos de rochas que estão soltos. Essas estruturas reforçam o maciço para resistir aos esforços de instabilidade. Os chamados muros de arrimo são aqueles em que a reação do empuxo é dada pelo peso e pelo atrito na sua base, como apresenta a figura 86.

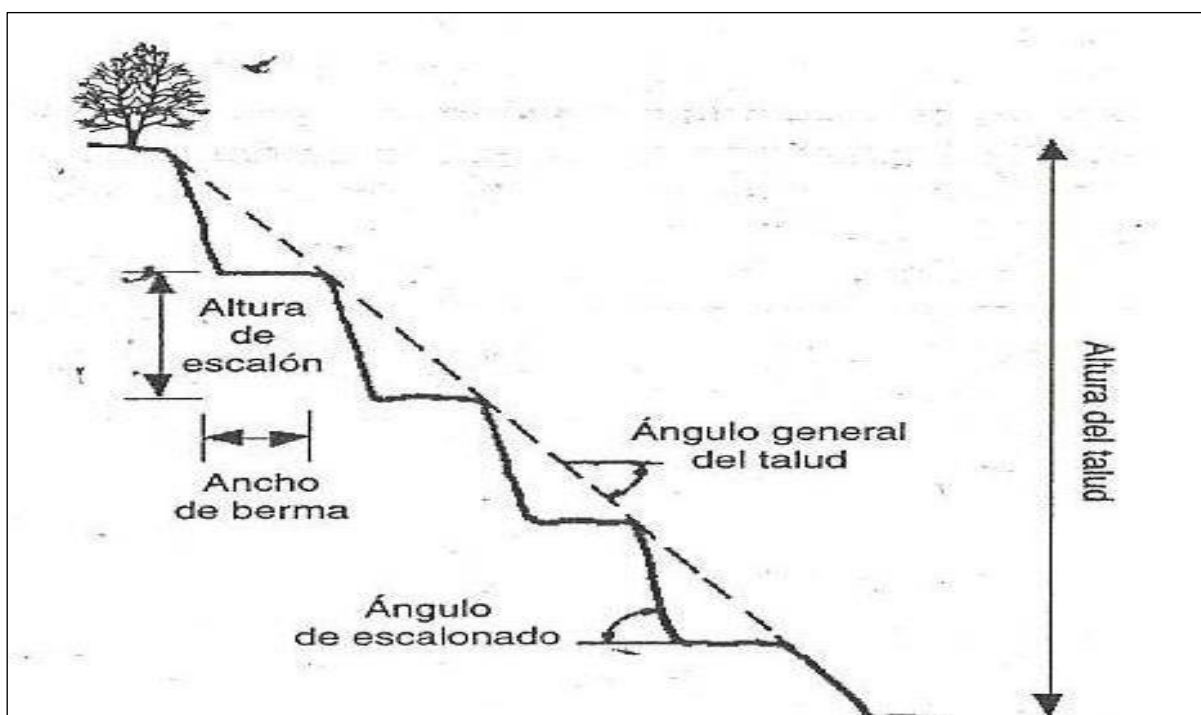


Figura 86: Degraus de patamares dos taludes para controle dos processos erosivos.
Fonte: Huerta, 2002.

Os muros de arrimo podem ser construídos com rochas empilhadas ou argamassadas, onde a resistência do próprio muro depende da união dessas rochas. Esse tipo de estrutura é usualmente empregado para conter taludes de altura baixa, atingindo aproximadamente até 2 metros de altura.

Existem várias outras tecnologias mais recentes que podem ser utilizadas para contenção de encostas, entre elas: cortinas atirantadas, terra arrumada, parede diafragma e jateamento, entre outras. Como solução provisória podem, ainda, ser utilizadas as estacas pranchas.

Na concepção de Galerani *at al.* (1995), essas alternativas de contenção necessitam de drenagem das águas para que não sejam derrubadas pela infiltração. Esses tipos de obras para estabilização dependem de manutenção periódica e, algumas vezes, de obras complementares. Outras alternativas de contenção das encostas podem ser utilizadas como as apresentadas no quadro 6.

Para os focos de desenvolvimento de ravinas e voçorocas em Aracaju, verificados nos bairros Santa Maria, Jabotiana, América, Porto Dantas, Coqueiral, Industrial, Cidade Nova e Soledade, entre outros, ainda em estágio inicial e/ou médio de erosão, é possível a aplicação de medidas permanentes e/ou temporárias de acordo com o nível geotécnico específico do evento detectado, bem como da disponibilidade dos recursos a serem direcionados para tais fins.

Quadro 6 - Obras Convencionais de Contenção de Encostas.

Técnicas de Contenção	Finalidade
Gabião	Tipo de muro de arrimo de gravidade em que o elemento estrutural é constituído por uma malha de arame com 3 a 4mm de diâmetro cheia de pedras. O tamanho das pedras da malha é definido em função da força necessária para estabilizar a encosta. As pedras utilizadas, em geral, são de gnaiss.
Aterramento	O aterramento é uma solução que pode ser utilizada quando o processo ainda está se iniciando, nos estágios de sulcos e ravinas. Consiste em aterrar, novamente, o local erodido. Porém, quando o processo está mais adiantado, a solução, em geral, é inviável economicamente.
Estabilidade do Corte	Faz-se o corte numa inclinação de tal modo que o solo tenha coesão o suficiente para auto sustentar-se, isto é, resistir aos esforços de escorregamento e deslizamento. Para isso, devem ser feitos ensaios de resistência ao cisalhamento e verificada a menor correlação vertical/horizontal que permitirá a estabilidade do talude. Em geral, essa solução é associada com o plantio de vegetação.
Revestimento da Cobertura vegetal	A cobertura vegetal assume importante papel na estabilização das encostas, contribuindo para a intensificação do componente perpendicular e consequentemente pedogenização, ao mesmo tempo em que atenua a ação do componente paralelo, restringindo a participação da morfogênese. Recomenda-se, neste caso, o plantio de gramíneas.

Elaboração: Rafael da Cruz, 2022.

Embora as medidas paliativas não resolvam definitivamente os problemas em ordens diversas causados pelos processos erosivos nas encostas, elas devem ser consideradas como medidas importantes de inibição ao avanço do processo degradacional, principalmente naquelas encostas ocupadas pela população de baixa renda localizadas nas zonas norte (Alto da TV, Alto da Jaqueira, Alto do Cruzeiro, Morro Tangará, Japaozinho) oeste, nos bairros América (Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho), Jabotiana (Santa Lúcia) e sul, no bairro Santa Maria (Morros do Avião e Piçarreira).

Uma das grandes ações do projeto *Santa Maria Protege*, de iniciativa da Prefeitura Municipal de Aracaju – PMA, foi a implementação da obra de contenção do Morro do Avião no mês de agosto de 2006, para controle da erosão e de prevenção aos escorregamentos que ameaçavam os moradores residentes e de áreas adjacentes. De acordo com a Empresa Municipal de Obras e Urbanização – EMURB, que esteve na coordenação de execução do projeto, instalou-se na localidade a infraestrutura necessária para o controle erosivo, captação e lançamento de águas pluviais do canal Santa Maria, no conjunto Padre Pedro (Figuras 87).



Figura 87: Implantação de infraestrutura para o controle da erosão no Morro do Avião, Bairro Santa Maria.
Crédito: Site oficial da Prefeitura Municipal de Aracaju, 2006.

No topo do morro foram construídos dez grandes reservatórios para complementação do sistema de contenção, com o objetivo de armazenar as águas das chuvas que, após chegarem

próximo ao limite, vertem a água para uma rede de canais preparada para fazer a dispersão, evitando os processos erosivos e deslizamentos de terra que ocorriam frequentemente. A obra, além de reduzir o impacto das chuvas, resgatou a qualidade de vida dos moradores com o desenvolvimento dessa ação estruturante, salvando, inclusive, muitas vidas pelas ameaças de ocorrências dos movimentos gravitacionais de massa.

Na segunda etapa da obra, a Prefeitura de Aracaju em parceria com a PETROBRAS e seguindo orientação técnica de um agrônomo, fez o replantio da vegetação nas encostas e no topo do morro numa área correspondente a 220 mil m² para conter e diminuir a vazão das águas, evitar os deslizamentos de terra e as ocorrências dos processos erosivos (Figura 88 A, B e 89).



Figura 88: A e B - Obra de contenção do Morro do Avião no Bairro Santa Maria.

Créditos: Meme Rocha – Site oficial da Prefeitura Municipal de Aracaju, 2006. Publicado em 28 de junho de 2006 pelo Instituto Marcelo Déda – IMD.



Figura 89: C -Plantio de gramado para conter a erosão no topo e encostas do Morro do Avião, Bairro Santa Maria. Crédito: Site oficial da Prefeitura Municipal de Aracaju, 2005. Publicado em 27 de dezembro de 2005 pelo Instituto Marcelo Déda – IMD.

Em 2010, a Prefeitura Municipal finalizou a desocupação do morro, removendo as 404 famílias que moravam em barracos na condição de alto risco para as casas construídas no bairro 17 de Março, próximo ao bairro Santa Maria.

Segundo noticiam os veículos de comunicação, a transferência dos pertences de cada família ocorreu de forma segura através do apoio prestado pelos profissionais das Empresas Municipais de Obras e Urbanização – EMURB, e de Serviços Urbanos – EMSURB que levaram ao Morro do Avião toda a estrutura necessária para cumprimento da diligência pacificamente. A Guarda Municipal também esteve presente para garantir a integridade física dos moradores durante a derrubada dos barracos. Diversas tentativas de ocupação restaram inexitosas, ainda que novos barracos tenham sido erguidos por famílias de outros bairros de Aracaju.

Assim, de acordo com a representante da Secretaria Municipal de Assistência Social e Cidadania – SEMASC, a intenção da Prefeitura à época com a desocupação do Morro do Avião era garantir moradia digna às famílias que viveram durante anos em uma situação desumana.

A encosta do Bairro América é outra área de risco na zona oeste da cidade que teve a ordem de serviço autorizada pela Prefeitura Municipal de Aracaju, em dezembro de 2010, para a execução de obras de contenção orçada em mais de R\$ 714.521,37 (setecentos e quatorze mil,

quinhentos e vinte um reais e trinta e sete centavos) com recursos próprios do município. Essa ação teve como objetivo prevenir possíveis acidentes urbanísticos como deslizamentos de terra e desmoronamentos de residências, tendo o projeto incluído a construção de taludes e muretas de contenção com patamares para desviar a água de escoamento superficial através de tubulações de drenagem, evitando o seu acúmulo pela chuva no terço superior da encosta. Além disso, a rede de drenagem foi revitalizada na avenida e ruas nas proximidades da obra.

Toda a obra foi revestida com grama, para evitar que o solo cedesse e causasse possíveis escorregamentos de terra e desenvolvimento de novas feições erosivas, na ocasião já existentes em estágio evolutivo inicial a moderado. Assim, em fevereiro de 2011, a gestão municipal por meio da EMURB, deu início a primeira etapa das obras de contenção da Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, com prazo de conclusão previsto para 90 dias (Figuras 90 A e 91 B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M, N).



Figura 90: A – Obras de contenção da encosta na Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, no Bairro América.
Créditos: Givaldo dos Santos Bezerra e Hélio Mário de Araújo, 2012.

Na segunda etapa, os serviços foram realizados entre as ruas México e Paraguai, parte mais alta da encosta. Após nivelamento do solo, através do serviço de terraplenagem, na etapa seguinte houve a construção de taludes e muretas de contenção nos mesmos moldes dos serviços da avenida.

Insta observar que, durante décadas, a referida encosta, como em outras áreas de risco no espaço intraurbano de Aracaju, não despertou o interesse público para a condição de perigo

Figura 91: Implementação da técnica de bioengenharia de solos como medida preventiva dos processos erosivos na encosta da Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, Bairro América.



Créditos: Prefeitura Municipal de Aracaju (imagens: B, C, D, E, F, H, I, J, L e M), 2009/2012, Givaldo dos Santos Bezerra e Hélio Mário de Araújo (imagem G) 2012.

da população mais carente no processo de ocupação desordenada no terço superior, pelas evidentes ocorrências erosivas de um ambiente suscetível à erosão possibilitando os riscos de acidentes. Na situação específica, em que houve o corte do morro para a abertura da avenida, deixando o talude totalmente exposto, haveria a necessidade, na época, de se adotar medidas recomendadas para o controle de erosão, a exemplo da proteção vegetal, entre outras, em todos os locais das plataformas sujeitos a concentração das águas de chuva. No lado contrário da avenida em toda extensão do talude, a população se instalou na base e no terço superior, sem que nenhuma medida preventiva pelo alto risco da situação de perigo fosse sequer adotada, a não ser a construção de duas escadarias de acesso ao terço superior (Figura 92 A, B e C).



Figura 92: A – Encosta da Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, posicionada no sentido centro de Aracaju. No limite da encosta tem-se os quintais das residências construídas na base, algumas delas verticalizadas. Observa-se em B e C escadas de acesso para facilitar o deslocamento da população residente no terço superior.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

O descaso público com as áreas de risco em Aracaju não seguiu de imediato o que determinou a Constituição Federal de 1988, no art. 182, § 1º. Oficialmente em 2000, com a instituição do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU da cidade, é que houve a recepção no capítulo II, das áreas de preservação dos ecossistemas naturais, inserindo como áreas de risco as encostas com declividade superior a 30% de inclinação, estabelecendo no caput do art. 190, como sendo “aquelas sujeitas de fato ou potencialmente, a sediar ou serem atingidas por fenômenos geológicos naturais ou induzidos.” Demais disso, para fins de planejamento e ações administrativas, como prescreve o art. 191, II, entende-se como áreas de risco “aqueles incidentes em terrenos ocupados, parcelados ou não, que sofreram grandes modificações na paisagem natural, decorrentes de ações lesivas, praticadas pelo homem, ou em decorrência de fenômenos naturais”.

Sem cumprir nenhum regramento jurídico estabelecido, e desprovida de uma prática consciente de Educação Ambiental, a população residente acabou por degradar o ambiente durante anos, despejando lixo doméstico na encosta e canalizando águas servidas que, de certa forma, estimulou pela fragilidade do local o desenvolvimento dos processos erosivos, tanto pelo escoamento superficial dessas águas, quanto pelas águas da chuva que aceleram tais processos mobilizando partículas para o terço inferior afetando a avenida, principalmente nos episódios pluviais concentrados causando transtornos para a circulação de veículos.

Como se observa na figura 93 A e B, após mais de uma década de execução da obra de contenção, sem nenhuma manutenção da Prefeitura de Aracaju, fica visível a retomada de degradação da encosta que se encontra com a cobertura vegetal rarefeita, expondo o material litológico com sinais evidentes de focos erosivos iniciais disseminados em vários segmentos, ainda em condições de controle, principalmente, nos terços médio e inferior.





Figura 93 A e B: Situação atual da encosta na Av. Dr. José da Silva Ribeiro Filho, no Bairro América.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Para continuar garantindo a segurança e tranquilidade, principalmente no período de chuvas, dos moradores residentes nas encostas das zonas norte e oeste de Aracaju, a Prefeitura da capital, em junho de 2012, por meio da Empresa Municipal de Obras e Urbanização – EMURB, deu início a construção de contenções de encostas em mais sete localidades abrangendo os bairros América, Soledade, Cidade Nova, Olaria e Santo Antônio, para conclusão em até 150 dias.

Neste caso, as encostas contempladas para a execução das obras foram: Encosta Maternidade Nossa Senhora de Lurdes (R\$ 555.787,55); Encosta TV São João (R\$ 449.928,24); Encosta Rua Maria do Carmo e Adjacências (R\$ 1.802.785,17); Encosta da Rua Santa Terezinha (R\$ 692.384,43); Encosta Rua Coronel Pacheco (R\$ 864.339,45); Encosta Rua M, Palame Soledade (R\$ 840.171,28) e Encosta Condomínio Vale do Sol (R\$ 400.340,45).

As obras incluíram a construção de cortina de concreto, implantação de sistema de coleta de água para evitar erosão, e ainda a construção de muros de gabião, feitos com espécies de caixas cheias de pedras, envolvidas por uma malha de arame, que reforçam a estrutura e impedem deslizamentos.

A iniciativa das obras numa parceria com o Governo Federal, por meio do Ministério da Integração Nacional, representou um investimento de aproximadamente 5,6 milhões, dos quais R\$ 605 mil de contrapartida da Prefeitura Municipal de Aracaju. Por ser um projeto de prevenção contra possíveis catástrofes, a expectativa na época da administração municipal era de que as obras trouxessem conforto e melhorias na qualidade de vida para as pessoas que residem nessas áreas de risco da cidade.

As figuras 94, 95 e 96 que representam segmentos de encostas de morros localizados nos bairros Japaozinho e Cidade Nova, são exemplos recentes da situação de abandono e descumprimento das regras estabelecidas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade, onde se percebe, apenas, o início das obras de contenção com a aplicação de técnicas de controle aos movimentos gravitacionais de massa, sem nenhuma previsão de continuidade pela Prefeitura Municipal de Aracaju, até mesmo pela inexistência, na localidade, de *outdoor* informativo do órgão gestor.

Na sequência das imagens, observa-se a construção de muro de arrimo e muro de gabião, sem a adoção de medidas de controle preventivo da erosão, com focos evidentes de sulcos e ravinamentos devido à ausência expressiva da cobertura vegetal.

Além disso, a encosta representada na figura 95 com mais de 75° graus de inclinação, representa uma ameaça para a população das proximidades com a iminente queda de blocos. Nos terços superior e médio visualiza-se extensa estratificação de arenito consolidado, comportando em sua estrutura a presença de fraturas que se constituem em zonas de fraqueza a ação do intemperismo químico e erosão pelo escoamento superficial das águas pluviais. Aliado aos fatores declividade, intemperismo e clima local, a remoção da cobertura vegetal pela atividade antrópica também contribui para a ocorrência de outros movimentos de massa.



Figura 94: Muro de arrimo em encosta de baixo declive na Av. Antônio Barbosa de Jesus, Bairro Japaozinho. Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.



Figura 95: Muro de arrimo como obra de contenção aos escorregamentos translacionais em encosta de morro na rua D do Bairro Cidade Nova.



Figura 96: Muro de gabião como obra de contenção aos escorregamentos translacionais em encosta de morro na rua D do Bairro Cidade Nova.

Créditos: Rafael da Cruz e Hélio Mário de Araújo, 2023.

Recomenda-se que a estrutura de controle de voçorocas temporárias priorize, além do uso da vegetação, estruturas que podem ser construídas com rocha, arames entrelaçados, palanques creosotados, gravetos ou terra. No modo de estrutura permanente deve-se controlar a vazão no topo da voçoroca, transportar a vazão de um grande canal, manter uma valeta de drenagem, diminuir a queda da vazão a partir da construção de patamares com aterros (FENDERICH *et al.*, 1997).

Assim, cada vez mais surgem novas técnicas para promover a recuperação de áreas degradadas, e a bioengenharia tem sido utilizada em diversas situações com sucesso na maioria dos casos. O conhecimento das exigências e características biológicas da vegetação, especialmente sua capacidade para a solução de problemas técnicos de estabilização das encostas, combinado com a construção de obras de grande simplicidade caracterizam grandes avanços nas zonas urbanas, proporcionando, uma maior estabilidade nas vertentes, passando a diminuir os riscos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como em várias outras cidades de médio porte, Aracaju vem ao longo do tempo apresentando problemas relacionados a erosão tanto na zona costeira, quanto nos espaços intraurbanos, sobretudo nas encostas esculpidas no Grupo Barreiras localizadas nas porções norte, oeste e sul que se constituem em áreas potenciais de risco para a população mais carente. O desrespeito às leis ambientais e o mau planejamento acabam interferindo diretamente no equilíbrio dinâmico em escala local, criando situações de retomada de erosão linear e voçorocamentos de encostas próximas as áreas de ocupação urbana, bem como na zona costeira afetada pela erosão marinha e que tem sido alvo de ocupação desenfreada pela população atraída pelo turismo e lazer.

Nos estudos preventivos da erosão urbana, os problemas, direta e indiretamente relacionados aos processos erosivos, devem ser analisados por meio da elaboração da carta Geotécnica que visa sintetizar as características dos terrenos em função dos seus problemas e fenômenos, destacando a sua aptidão para distintos tipos de ocupação. Em regiões potencialmente favoráveis ao desenvolvimento de ravinas e voçorocas deve ser contemplada na elaboração da carta Geotécnica, estudos de suscetibilidade e não suscetibilidade à erosão, permitindo orientações, não só de caráter preventivo contra o surgimento de voçorocas, mas, também, como condição básica para a correta concepção e o sucesso de obras de contenção para as que já estão instaladas.

A partir da análise das características das feições erosivas em Aracaju, verificou-se que na área de estudo, a organização espacial se estabelece tanto por influência de elementos e fatores naturais, quanto pela interferência humana.

Assim, ocupações de áreas de topografias mais elevadas, na maioria das vezes ocorrem de forma desordenada sem um estudo ou planejamento eficaz de uso do solo para o desenvolvimento da cidade, cuja situação provoca uma variedade de problemas ambientais, entre eles, a erosão comandada por diversos fatores naturais relacionados ao clima, relevo, solo e vegetação.

De modo geral, as ocupações nas encostas de Aracaju já apresentam uma dinâmica crescente, sendo necessário a intervenção mais direta do poder público na política de ocupação e uso do solo, concedendo infraestrutura de obras de saneamento básico que garanta segurança à população residente.

Portanto, no âmbito da erosão em áreas consideradas de risco a ocupação humana, este estudo abre perspectivas para se pensar numa solução definitiva para essas questões, que além de complexas, exigem na esfera do planejamento e gestão a adoção de medidas eficazes de reordenamento territorial quanto ao uso e ocupação do solo urbano da cidade.

Os resultados desse estudo mostram que as alterações sazonais verificadas na morfologia do ambiente subaéreo das praias oceânicas de Aracaju têm uma relação direta com a proximidade das desembocaduras fluviais dos rios Sergipe e Vaza-Barris, e bem assim, com o estágio morfodinâmico dissipativo predominante, composição sedimentar, constituição geológica e variações meteorológicas do clima no período estacional correspondente as estações do ano outono/inverno e primavera e verão.

O litoral do município em diversas escalas temporais vem experimentando avanços e recuos da linha de costa demonstrando tendência à progradação, à estabilidade e à erosão em graus de exposição e vulnerabilidade física bem diversificados, sendo perceptível a manifestação do fenômeno erosivo severo e em grau moderado nas desembocaduras fluviais e em alguns pontos específicos gerando déficits no balanço sedimentar.

Os agentes oceanográficos numa ação conjunta respondem pela morfodinâmica do litoral centro de Sergipe, tendo as correntes de deriva litorânea, as ondas e marés participação efetiva na modelagem costeira com a participação dos ventos gerando processos de erosão, transporte e deposição.

Assim, no comportamento morfodinâmico do sistema praiial, verificou-se uma correlação intrínseca entre as características sedimentológica e variações na energia de ondas. O perfil praiial apresentou variações de acordo com a sazonalidade, mas percebeu-se que no processo de acumulação e erosão nas praias houve influência do impacto de ondas de tempestade em condições de mar revolto.

Em todas as praias o estágio morfodinâmico dissipativo foi frequente, tendo a face praiial mantido uma regularidade no baixo declive apresentado, com o seu consequente encurtamento. De acordo com esse estágio dominante no ambiente praiial, houve predomínio de sedimentos de granulometria muito fina e fina, reservando-se os sedimentos arenosos de granulometria mediana para os segmentos com tendência erosiva.

O nível de ocupação humana nos ambientes monitorados, embora ocorra em graus diversificados (alto, médio e inexistente), já se mostra preocupante em algumas praias, uma vez que esses ambientes são preferenciais como atração turística e de lazer pela população, onde nessa busca, acaba exercendo uma pressão sobre a zona costeira podendo contribuir para a

intensificação dos processos erosivos. Nas praias dos Artistas e Havaizinho, o nível de ocupação por restaurantes e barracas é elevado, principalmente na faixa da pós-praia.

Em curto prazo, constatou-se ainda que nos pontos estabelecidos para o levantamento topográfico dos perfis praias, acham-se presentes geoindicadores que sugerem variações na linha de costa evidenciando tendência erosiva, estabilidade e progradação, ainda que, em ciclos temporais de horas, meses e anos associados as condições de ondas e marés e variações climáticas sazonais. Na praia dos Artistas, notou-se ausência de dunas frontais, com frequência de sobrelavagem – *overwash*, desenvolvimento recente de vegetação, formação recente de feições deposicionais (bermas e terraços de praia) e vegetação desenvolvida ao longo da linha de costa e pós-praia, além de fragmentos de plantas expostos no limite superior da face praial, estando, atualmente, em equilíbrio. Nas praias de Aruana e Robalo, registra-se a presença de berma, desenvolvimento recente de vegetação, inclusive ao longo da face praial superior, estando atualmente em equilíbrio.

Na praia do Mosqueiro, registrou-se o desenvolvimento recente de vegetação, feições deposicionais recentes e dunas frontais de pequeno porte com desenvolvimento de vegetação, estando, atualmente, em equilíbrio.

Neste sentido, a análise da morfodinâmica costeira e dos processos erosivos na malha intraurbana da cidade, visou à constatação da dinâmica a que está sujeita a área contígua do município de Aracaju, contribuindo direta ou indiretamente para identificar e equacionar os problemas ambientais, possibilitando direcionar as ações da sociedade para possíveis soluções que cada cenário oferece.

Reitera-se, por fim, que a presente pesquisa como importante contribuição acadêmica aos estudos erosivos e morfodinâmicos desse recorte do litoral sergipano, sob o viés geomorfológico, fornece bases consistentes para a projeção das respostas do meio físico com a introdução de elementos antrópicos no sistema costeiro e urbano, possibilitando a gestão pública do município de Aracaju melhor direcionar o gerenciamento do ambiente costeiro e intraurbano, no que se refere ao uso e ocupação, na perspectiva de estabelecer uma relação equilibrada entre a natureza e sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. et al. Províncias estruturais brasileiras. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977. Campina Grande. **Atas...** Campina Grande: SBG, 1977, P. 363-391.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Dados de Vazão** – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Acesso em setembro de 2022.
- ANGULO, J. R.; ANDRADE, J. J. de. **Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba**. IPARDES – Fundação Edison Vieira, Curitiba, p. 681-693, 1981.
- ARAÚJO, H. M. de. As áreas de risco na malha urbana de Aracaju, **Revista Geoufs**, São Cristóvão/SE, vol. 1, nº 1, p. 28-34, 2002.
- _____. Elementos componentes do sistema ambiental físico de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M. de; VILAR, J. W. C; WANDERLEY, L. de L.; MELO e SOUZA, R. (Orgs.). **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**, São Cristóvão: EDUFS, 2006.
- _____. Encostas no ambiente urbano de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M. de; VILAR, J. W. C; WANDERLEY, L. de L.; MELO e SOUZA, R (Orgs). **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: EDUFS, 2006.
- _____. Relações socioambientais na bacia costeira do rio Sergipe. **Tese** (Doutorado em Geografia). Núcleo de Pós-graduação em Geografia – NPGeo, UFS, São Cristóvão, 2007.
- _____. Morfodinâmica de desembocaduras fluviais-estuarinas e os riscos ambientais associados no litoral de Sergipe. **Relatório de pesquisa** (Pós-doutorado em Geografia Física). Centro de Ciências – PPGGeo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- ARAÚJO, H. M. de; MEIRELES, A. J. de A; WANDERLEY, L. de L. Ambientes e Domínios do relevo na planície costeira do sistema hidrográfico do rio Sergipe. In: ARAÚJO, H. M. de; CRUZ, R. da; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Geomorfologia e Mudanças ambientais: recortes espaciais da zona costeira sergipana**. Aracaju: Criação Editora, 2020.
- ARAÚJO, J. B. A. Mapeamento de detalhe em área de risco a movimento de massa e caracterização geológica de taludes em região do bairro Cidade Nova, Aracaju/SE. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em Geologia). CCET/UFS, São Cristóvão, 2019.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

- BACCARO, C. A. D. Os estudos experimentais aplicados na avaliação dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de cerrado. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, n. 9 e 10, p. 55-62, 1993.
- BENTES, A. M. L.; FERNANDEZ, G. B.; RIBEIRO, A. Y. Estudo da morfodinâmica de praias compreendidas entre Saquarema e Macaé, RJ. **Ecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 111. P. 229-243, 1997.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria dos Sistemas**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico**. Cadernos de ciências da Terra, São Paulo: IG-USP, n. 13, p. 1-27. 1972.
- BEZERRA, G. dos S.; ARAÚJO, H. M. de; MEIRELES, A. J. de A. Geossistemas Tabuleiros Costeiros, Riscos ambientais e Conflitos de uso do solo na microbacia do rio do Sal. In: ARAÚJO, H. M. de; CRUZ, R. da; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Geomorfologia e Mudanças ambientais: recortes espaciais da zona costeira sergipana**. Aracaju: Criação Editora, 2020.
- BIRD, E. **Coastal geomorphology: na introduction**. Second Edition, p. cm. Jonh Wiley & Sons, Ltd. Geostudies, 2008.
- BITTENCOURT, A. C. S. P. *at al.* Evolução paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 93-97, 1983.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. **Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozoicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)**. Arquivos do Instituto de Ciências da Terra, Recife, n. 2, p. 2-14, 1964.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vol. 02. Santa Catarina: Editora da UFSC, 2007.
- BRAZIL, J. L. S. Eventos pluviais extremos e risco de inundações na cidade de Aracaju/SE. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). São Cristóvão, PPGeo/UFS, 2016.
- BOLÓS, M. I. C. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografia**, Barcelona: v. 15, n. 1-2, p. 45-68. 1981.
- BUSH, D. M.; NEAL, W. J.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. Utilization of geoindicators for rapid assessment of costal-hazard risk and mitigation. **Ocean & Coastal Management** 42. P. 647-670, 1999.

- CALLIARI, L. J.; OLIVEIRA, A. O. de. Morfodinâmica da praia do Mar Grosso, São José do Norte/RS. **Gravel**, Porto Alegre, n. 4, p. 23-26, dez. 2006.
- CAMARGO, L. H. R. **A ruptura do meio ambiente**: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- CANALI, N. E. **Geografia Ambiental**: desafios epistemológicos. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Org.). Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea. Curitiba: Editora UFPR, 2002. p. 165-186.
- CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. U. S. Geological Survey, 1962.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**: introdução. São Paulo: Hucitec, EDUSP, 1979.
- _____, **Geomorfologia**. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- _____, **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.
- CARVALHO, M. E. S.; FONTES, A. L. Caracterização geomorfológica da zona costeira do Estado de Sergipe. 2006, Goiânia. **CD-ROM...** Goiânia: SBG, 2006.
- CARVALHO, J. C. de; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O. da; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CARVALHO, *et al.* (Orgs). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006.
- CARVALHO, I. S.; ARAÚJO, H. M. de. Morfodinâmica de praias e os processos erosivos e deposicionais na costa litorânea do município sergipano de Barra dos Coqueiros. **Relatório de Pesquisa** (Iniciação Científica). COPES/PIBIC/CNPq. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.
- CASSETTI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.
- CASTELLO, R. R; POLIDO, U. F. **As Encostas Urbanas**: análise e proposta de metodologia para enfrentar o problema em Vitória (ES). Vitória: UFES, 1986.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia**: exercícios, técnicas e aplicações, 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- DAVIS, R.; FITZGERALD, D. **Beach and Coasts**. Blackwell Science Ltd. Austrália. 2004.
- DHN. **Tábuas de maré**. Marinha do Brasil, Diretoria de Hidrografia e navegação. Disponível em <http://www.dhn.br>. Acesso em setembro de 2022.
- DIAS, J. M. A. **Estudo de avaliação da situação ambiental e proposta de medidas de salvaguarda para a faixa costeira portuguesa**. Geologia Costeira. Lisboa, 1993.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas a desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 93-105, jun. 1983.

DOMINGUEZ, J. L. M. Deltas dominados por ondas: críticas às ideias atuais com referência particular ao modelo de Coleman e Wright. **Revista Brasileira de Geociências**, Salvador, v.1-4, n°20, 1990, p.352-361.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., ver. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMERY, K. O. A simple method of measuring beach profiles. **Limnology and Oceanographic**, v. 6, p. 90-93, 1961.

EMURB. **Relatório sobre a ação erosiva do mar na Coroa do Meio**. 1985.

FALCÃO, S. M.; LIMA, E. R. V. de; BORGES, U. da N. Evolução da paisagem na orla marítima de Cabedelo em decorrência da dinâmica de ocupação da área. **Revista Cadernos do Logepa – Série Pesquisa**, João Pessoa – PB, ano 02, n. 03, p. 1-14, 2004.

FRANÇA, V. L. A. **Aracaju: estado e metropolização**. São Cristóvão: EDUFS, 1999.

FENDRICH, R. *et al.* **Drenagem e controle da erosão urbana**. 3. Ed. Curitiba: Educa. 442p. 1997.

FONTES, A. L. Geomorfologia da área de Pirambu e adjacências – Sergipe. **Dissertação** (Mestrado em Geociências), UFBA, Salvador, 1984.

FONTES, A. L.; CORREIA, A. L. F. Diagnóstico Ambiental físico do município de Aracaju como subsídio ao estudo de impactos Ambiental na zona costeira do estado de Sergipe. In: **Anais...** 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, Montevideo, 2009.

GALERANI, C. *et al.*, Controle da erosão urbana. In: TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. e BARROS, M. T. (Orgs). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: EDUFRGS, 1995.

GUERRA, A. J. T. O início do processo Erosivo. IN: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, SILVA, A. S. E BOTELHO, R. G. M. (Orgs). **Erosão e Conservação do Solo: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A.J. T. **Novo dicionário Geológico-geomorfológica**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 322.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano de Salvador. In: MENDONÇA, F. de A. MONTEIRO, C. A. de F. (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

IBGE. **Censo Demográfico de Sergipe**. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **Contagem Populacional de Sergipe: versão preliminar do Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2022.

JUNG, G. B. Comportamento das correntes litorâneas longitudinais na região de Querência, praia do Cassino, Rio Grande do Sul, Brasil. **Monografia** (Graduação em Oceanografia), Fundação Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2007.

KIRKBY, M. J. Modeling soil erosion process. In: KIRKBY, M. J.; MORGAN, R. P. C.; WILEY, J. (Editores). **Soil Erosion**. Inglaterra, 1980.

KLEIN, A. H. F. Um método indireto para determinação do estágio morfodinâmico de praias oceânicas arenosas, SC. In: VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba. **Resumo expandido...** Itajaí: Ed. Univali, p. 76-78, 1997.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, p.177. 2002.

LIMA, E. S.; PINTO, J. E. S. de S. Contribuições teóricas sobre os principais sistemas meteorológicos em Sergipe. **Revista GeoNordeste**, v. 1, n. 5, p. 502-514, 2012.

LIMA, L. P. Processos e feições geomorfológicas na Faixa de Dobramentos Sergipana do Domínio Vaza-Barris. **Tese** (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGeo, UFS, São Cristóvão, 2022.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the Central Brazilian coastal plain construction. In: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 68 (3), p. 303-354, 1996.

MARTINELLI, M; PEDROTTI, F. A Cartografia das Unidades de Paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo: n. 14, p. 39-46. 2001.

- MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e meio ambiente**. 8ª ed., 1ª reimpressão São Paulo: Contexto, 2007.
- MENDONÇA FILHO, C. J. **A planície costeira do município de Aracaju**. Aracaju, 1998.
- MEIRELES, A. J. de A.; SIVA, E. V.; THIERS, P. R. L. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **Revista Geosp – espaço e tempo**, São Paulo, n° 20, p. 101-119 2006.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Pulo: Contexto, 2001.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.
- MORAIS, J. O. *et al.*, Erosão costeira em praias adjacentes às desembocaduras fluviais: o caso de pontal de Maceió, **Revista da gestão costeira integrada**. Fortaleza, v. 8, n° 2, 2008, p. 61-76.
- MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão costeira do Brasil**: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Ed. Annablume, 2007.
- MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: A. J. T. GUERRA e S. B. CUNHA (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 253-302.
- _____. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- _____, Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, n. 2, p. 157-169, 1998.
- _____, Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.
- NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da casa da Geografia de Sobral**. Sobral, 2004.
- NOENBERG, M. A. *et al.* Banco de dados sobre as praias do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Paraná, n. 60-61, p. 89-96, 2007.
- OLIVEIRA, M. B. de. Caracterização integrada da linha de costa do Estado de Sergipe-Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Geologia), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

- OLIVEIRA, L. S. Vulnerabilidade física a erosão costeira de Aracaju/SE. **Monografia** (Bacharelado em Geografia), Departamento de Geografia/UFS, São Cristóvão, 2015.
- PASSOS, Messias Modesto dos. **Biogeografia e Paisagem**. 2º Ed. Presidente Prudente: UNESP – PPGE, 2003.
- PIANCA, C.; MAZZINE, P.L.F; SIEGLE, E. Brazilian Offshore Wave Climate Based On Nww3 Reanalysis. In: **Brazilian Journal of Oceanography**, 58 (1), p. 53-70, 2010.
- PIRES, D. A. de C. Clima urbano: uma análise das alterações provocadas pela modelação urbana da cidade de Aracaju/SE. **Dissertação** (Mestrado em Geografia), PPGE/UFS, 2011.
- PIERRI, G. C. S. Análise de risco a erosão costeira na região Tibau do Sul/RN através de mapeamento geoambiental e análise morfodinâmica. **Dissertação** (Mestrado em Geodinâmica), UFRN, 2008.
- PORTO, F. de F. **A cidade do Aracaju: 1855 – 1865: ensaio de evolução urbana**. Aracaju: Regina, 1945.
- PMA. Site oficial da Prefeitura Municipal de Aracaju, Instituto Marcelo Deda, 2005/2006.
- RIBEIRO, E. A. Evolução da paisagem da praia da Caueira no município de Itaporanga D’Ajuda –Sergipe. **Dissertação** (Mestrado em Geografia), NPGE/UFS, São Cristóvão, 2012.
- RODRIGUES, T. K. Análise da linha de costa das principais desembocaduras do Estado de Sergipe com ênfase no rio Sergipe. **Dissertação** (Mestrado em Geociências), UFBA/Salvador, 2008.
- RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, São Paulo: nº14, p. 69 – 77, 2001.
- RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da geoeologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da & CAVALCANTI, A. P. B. **Geoeologia da paisagem** – uma análise geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 2004.
- ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade de São Paulo, n. 6, 1992.
- _____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: FFLCH-USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

RUDORFF, F. de M. Geoindicadores e análise espacial na avaliação de suscetibilidade costeira a perigos associados a eventos oceanográficos e meteorológicos extremos. **Dissertação** (Mestrado em Geografia), UFSC, Florianópolis, 2005.

SALGUEIRO, T. B. **Paisagem e Geografia**. Finisterra, XXXVI, n. 72, p. 37-53, 2001.

SANTANA, L. B. de. Fragilidade e vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Aracaju/SE. **Tese** (Doutorado em Geografia), PPGeo: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2019.

_____, Morfodinâmica das praias oceânicas do município de Barra dos Coqueiros/SE. **Monografia** (Bacharelado em Geografia). São Cristóvão, DGE/UFS, 2007.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2006.

SANTOS, G. C. Dinâmica da paisagem costeira da Coroa do Meio e Atalaia – Aracaju/SE. **Dissertação** (Mestrado em Geografia), NPGeo/UFS, São Cristóvão, 2012.

SANTOS, A. dos. Riscos geomorfológicos e hidrológicos em Aracaju. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), PRODEMA: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SANTOS, J. P. da S. Linha de costa e faixa de proteção à erosão costeira: estudo de caso nas praias do Saco, do Abaís e da Caueira, sul de Sergipe. **Dissertação** (Mestrado em Geociências e Análise de Bacias), PPGAB: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SANTOS, A. dos; ARAÚJO, H. M. de; MEIRELES, A. J. de A. Riscos ambientais geomorfológicos-hidrológicos e caminhos para a gestão na Região da Grande Aracaju. In: ARAÚJO, H. M. de; CRUZ, R. da; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Geomorfologia e Mudanças ambientais: recortes espaciais da zona costeira sergipana**. Aracaju: Criação Editora, 2020.

SANTOS, R. A. *et al.* Formações superficiais. In: SANTOS, R. A.; MARTINS, A. M.; NEVES, J. P.; LEAL, R. M. (Org.). **Geologia e Recursos minerais do Estado de Sergipe**, Brasília: CPRM –CODISE, 1998.

SANTOS, F. F. S. dos. Clima e doenças tropicais negligenciadas no espaço urbano de Aracaju/SE. **Tese** (Doutorado em Geografia), PPGeo: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

- SALOMÃO, F. X. T. Controle e preservação dos processos erosivos. In Guerra, A. J. T.; SILVA, A. B.; BOTELHO, R. C. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- SAVI, D. C. Erosão e acreção costeira na enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, **Revista Brasileira de Geofísica**. Rio de Janeiro, v. 25, 2007.
- SELBY, M. J. Hillslope sediment transport and deposition. In PYE, K. ed, **Sediment transport and depositional processes**, Blackwell Scientific Publications, 1994.
- SEPLAG. **Plano de Desenvolvimento Regional do Estado de Sergipe**. 2016.
- SHORT, A. D. WILLIAMSON, B.; HOGAN, C. L. **The Australian beach safety and management program**. Surf life saving Australia'S Approach to beach safety and coastal planning. 11t Astralian Conference on Coastal and Ocean Engineering, 1993.
- SILVA, A. S. da. Solos Urbanos. In: GUERRA, J. T. (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- SILVA, M. G da. Geoindicadores de erosão e acumulação das praias do município de Aracaju – Sergipe. **Dissertação** (Mestrado em Geociências e Análise de Bacias), PPGAB/UFS, São Cristóvão, 2014.
- SILVA, R. L. V.; FONSECA, M. A. P. da. A produção de residência secundaria no litoral oriental potiguar – turismo e capital imobiliário. **Caderno Virtual de Turismo**. Rio de Janeiro, v. 10, p. 50-63, 2010.
- SMALL, R. J. e CLARK, M. J. **Slopes and weathering**. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra, 1982. 112p.
- SHEPARD, F. P. **Beach eyeles in southerm Califórnia**. Tech. Memor. n. 2, California, 1950.
- SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos geossistemas** : Métodos em questão. IGEOG/USP. São Paulo, 1977.
- SOUZA, C. R. G. de; SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo state plan for coastal management. **Journalof coastal research**. P. 530-547, 2003.
- SOUZA, A. M. B. Análise geoambiental da sub-bacia do rio Pomonga em Sergipe. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). São Cristóvão, PPGEIO, 2015.
- SCHALLER, H. Região estratigráfica da bacia de Sergipe-Alagoas. **Boletim técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86, 1969.

- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **Geol. Soc. América Bulletin**. 1952.
- SUGUIO, K. **Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável:** as regiões litorâneas. **Geologia**, USP: Série Didática, v. 2, n. 1. p. 1-40, 2003.
- _____. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In: SOUZA, C. R. de G. *et al.* **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Holos, 2005.
- TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, 11-23, 2005.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/ SUPREN, 1977.
- TROLL, C. **A paisagem geográfica e sua investigação**. Rio de Janeiro : Espaço e Cultura, 1997.
- TROPPEMAIR, H. Sistemas, Geossistemas, Geossistema Paulista Ecologia da Paisagem. **Boletim de Geografia**, Rio Claro – SP, 2004.
- VARGAS, Maria Augusta Mundim. A Paisagem Urbana e o Meio Ambiente de Aracaju. **Revista Geoufs**, v. 1, n. 1, 2002.
- VILAS BOAS, G. S. As coberturas paleozoicas e mesozoicas. In: BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L. (Coord.). **Geologia da Bahia:** texto explicativo, Salvador: SEM, 1996.
- VILAR, J. W. C. Evolução da Paisagem Urbana do Centro de Aracaju. In: ARAÚJO, H. M. de; VILAR, J. W. C.; MELO e SOUZA, R.; WANDERLEY, L. de L. (Org.). **O Ambiente Urbano:** Visões Geográficas de Aracaju. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006.
- _____. Zona de Expansão de Aracaju: contribuição ao estudo da urbanização litorânea de Sergipe. In: VILAR, J. W. C.; ARAÚJO, H. M. de. (Org.). **Território, Meio Ambiente e Turismo no Litoral Sergipano**. São Cristóvão: EDUFS, 2010.
- WANDERLEY, L. de L. *et al.* Aracaju está ou não abaixo do nível do mar? **Boletim informativo do CREA/SE**, ano IX, nº 25, dez., p. 1-8, 2003.
- WENTHWORTH, W. C. Grade and class terms for clastic sediments. **Journal Geology**. V. 30, p. 372-377, 1922.

WESCHENFELDER, J.; ZOUAIN, A. R. **Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil.** Instituto de Geociências – UFRGS, Porto Alegre, v. 29, n. 1, p. 3-1, 2002.

ZANELLA, M. E.; COSTA, M. C. D.; PANIZZA, A. C.; ROSA, M. V. Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. I. (Orgs.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: Edições UFC, 2009.

ANEXOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo

PLANILHAS DE CAMPO

Trabalho de Campo: Zona costeira do município de Aracaju **Data:**

Ponto: **Praia:** **Coordenadas:** X
Y

Variações na Praia/Linha de Costa

Geoindicadores de Erosão X Estabilidade X Progradação em curto prazo	
Erosão	Ausência de vegetação (); Estruturas artificiais na linha de costa e na praia (); Ausência de dunas, com frequência de sobrelavagem (<i>overwash</i>) (); Dunas escarpadas ativas ou remanescentes (); Vegetação efêmera ou escassa ao longo da linha de escarpa ().
Estabilidade	Escarpas inativas (); Desenvolvimento recente de vegetação(); Formação recente de feições deposicionais (). Turfa, lama ou tocos de árvores expostos no ambiente praial ().
Progradação	Presença de bermas e terraços de praia (); Dunas e praias supridas de sedimentos e vegetadas (). Vegetação desenvolvida ao longo da linha de costa e pós-praia (). Ausência de sobrelavagem ()

Características	Observações
1 – Apresenta Tendência Atual a Progradação	
2 – Atualmente em Equilíbrio	
3 – Trechos em Erosão	
4 – Trechos Próximos a Desembocaduras Fluviais	

Nível de Ocupação

N/O	X	Tipo	Características
Inexistente			
Baixo			
Médio			
Alto			

Perfil do Ponto

OBSERVAÇÕES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
NUCLEU DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PELO MÉTODO DAS BALIZAS DE EMERY (1961)

PERFIL: _____ LOCAL: _____ DATA: ____/____/____
COORDENADAS UTM X: _____ Y: _____

[illegible]

Altura da onda: _____ Tempo da onda: _____ Tipo da onda: _____

Maré: _____ Hora do recuo máximo da onda: _____ Declividade da praia: _____