

DIAGNÓSTICO FÍSICO-AMBIENTAL



ZONA ESPECIAL DE INTERESSE SOCIAL PIRAMBU



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE

**DIAGNÓSTICO FÍSICO-AMBIENTAL E NORMATIZAÇÃO ESPECIAL DE
PARCELAMENTO, EDIFICAÇÃO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

ZONA ESPECIAL DE INTERESSE SOCIAL PIRAMBU

FORTALEZA – CEARÁ

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

REITOR

Prof. Dr. José Jackson Coelho Sampaio

VICE-REITOR

Hidelbrando dos Santos Soares

COORDENADOR-GERAL DO PROJETO

Hidelbrando dos Santos Soares

COORDENADOR DO CADERNO

Frederico de Holanda Bastos

**Material elaborado através do TDCO nº 001/2019/CIDADES/FUNECE em
parceria com o IPLANFOR**

EQUIPE TÉCNICA VINCULADA AO PROJETO

Hidelbrando dos Santos Soares – Coordenador-Geral
Augusto Reinaldo Pimentel Guimarães – Coordenador-Geral (agosto de 2019 a novembro de 2019)
Ana Augusta Ferreira de Freitas – Coordenadora de Caderno
Daniel Gonçalves Rodrigues – Coordenador de Caderno
Davis Pereira de Paula – Coordenador de Caderno
Frederico de Holanda Bastos – Coordenador de Caderno
Hermano José Batista de Carvalho – Coordenador de Caderno
Maria do Socorro Ferreira Osterne – Coordenadora de Caderno
Abner Monteiro Nunes Cordeiro – Pesquisador Sênior
Eduardo Lacerda Barros – Pesquisador Sênior
Francisco José Maciel de Moura – Pesquisador Sênior
João Sérgio Queiroz de Lima – Pesquisador Sênior
Lise Mary Soares Souza – Pesquisadora Sênior
Maria Zelma de Araújo Madeira – Pesquisadora Sênior
Nilo Alves Júnior – Pesquisador Sênior
Rodrigo Guimarães de Carvalho – Pesquisador Sênior
Samuel Façanha Câmara – Pesquisador Sênior
Teresa Cristina Esmeraldo Bezerra – Pesquisadora Sênior
Alyne Bezerra Tabosa de Holanda – Pesquisadora Plena
Aryberg de Souza Duarte – Pesquisador Pleno
Daiane Daine de Oliveira Gomes – Pesquisadora Plena
Edmundo Rodrigues de Brito – Pesquisador Pleno
Elane Mendonça Conde Carneiro – Pesquisadora Plena
Fátima Regina Lopes Brandão – Pesquisadora Plena
Felipe Gerhard Paula Sousa – Pesquisador Pleno
Fernanda de Figueiredo Marques Mattos – Pesquisadora Plena
Fernando Antônio Alves dos Santos – Pesquisador Pleno
João Capistrano de Abreu Neto – Pesquisador Pleno
Lucas Lopes Ferreira de Souza – Pesquisador Pleno
Luiz Carlos Prata Regadas – Pesquisador Pleno
Mariana Maia Bezerra – Pesquisadora Plena
Michelle do Carmo Sobreira Domingues – Pesquisadora Plena
Pedro Almi da Costa Freire – Pesquisador Pleno
Roberta Nunes – Pesquisadora Plena
Thais Oliveira Ponte – Pesquisadora Plena
Thiago Ayres Barreira de Campos Barros – Pesquisador Pleno
Tiago Amorim Nogueira – Pesquisador Pleno
Andrea César da Silveira – Pesquisadora Júnior
Brena Kelle Carneiro Vasconcelos – Pesquisadora Júnior
Daniel dos Reis Cavalcante – Pesquisador Júnior

David Hélio Miranda de Medeiros – Pesquisador Júnior
Denis Barbosa de Lima – Pesquisador Júnior
Domingos Albano Matos Menezes – Pesquisador Júnior
Dyego Moraes Silva – Pesquisador Júnior
Elizangela da Cruz Barros – Pesquisadora Júnior
Emilio Tiago Vasconcelos dos Santos – Pesquisador Júnior
Eurides Melo Almeida – Pesquisadora Júnior
Francisco George Urbano Melo – Pesquisador Júnior
Francisco Oricélio da Silva Brindeiro – Pesquisador Júnior
Georgia Alencar de Andrade – Pesquisadora Júnior
Giovanna Luiza Pinheiro Brito – Pesquisadora Júnior
Gisele Vasconcelos Cordeiro – Pesquisadora Júnior
Jéssica Chaves Ribeiro – Pesquisadora Júnior
Leonardo David Pinheiro – Pesquisador Júnior
Lúcia de Fátima Bezerra Wirtzbiki – Pesquisadora Júnior
Luciana Sousa Mendes – Pesquisadora Júnior
Margarida Kézia de Sousa Pinto – Pesquisadora Júnior
Mayara Rocha Coelho – Pesquisadora Júnior
Michaela Farias Alves – Pesquisadora Júnior
Patricia de Melo Rodrigues – Pesquisadora Júnior
Patrícia Maria Apolônio de Oliveira – Pesquisadora Júnior
Pedro Vitor Monte Rabelo – Pesquisador Júnior
Rafael Nogueira Rocha – Pesquisador Júnior
Rafaela Cajado Magalhães – Pesquisadora Júnior
Raul da Franca Alencar – Pesquisador Júnior
Rômulo Martins de Medeiros – Pesquisador Júnior
Thiago Martins de Moraes – Pesquisador Júnior
Thiago Matheus de Paula Sousa – Pesquisador Júnior
Ticiane Rodrigues Nunes – Pesquisadora Júnior
Vita Caroline Mota Saraiva Quinderé – Pesquisadora Júnior
Wanessa Nhayara Maria Pereira Brandão – Pesquisadora Júnior
Willia Maria Lima Peixoto – Pesquisadora Júnior
Alisson Freitas da Silva – Bolsista de Iniciação Científica
Francisca Fabrícia de Sousa Oliveira – Bolsista de Iniciação Científica
Francisco Mario Carneiro da Silva – Bolsista de Iniciação Científica
Hermerson Gustavo dos Santos Soares – Bolsista de Iniciação Científica
Iara Pereira dos Reis – Bolsista de Iniciação Científica
Icleane Pinheiro de Carvalho – Bolsista de Iniciação Científica
Isadora Moura Rodrigues Freitas – Bolsista de Iniciação Científica
Jéssica Clara da Silveira – Bolsista de Iniciação Científica
João Oscar de Oliveira Filho – Bolsista de Iniciação Científica
Laissa Vitória da Silva Limeira – Bolsista de Iniciação Científica
Lara Lima Lourenço – Bolsista de Iniciação Científica

Lucas Honório Magalhães – Bolsista de Iniciação Científica
Marina Lima da Silva – Bolsista de Iniciação Científica
Mateus Cavalcante de Sousa Lima – Bolsista de Iniciação Científica
Matheus Dayson de Sousa Vasconcelos – Bolsista de Iniciação Científica
Pablo de Moura Rodrigues – Bolsista de Iniciação Científica
Paula Carolina de Freitas Souza – Bolsista de Iniciação Científica
Rachel Maria Félix Monteiro – Bolsista de Iniciação Científica
Samira Almeida de Souza – Bolsista de Iniciação Científica
Antônia Eliene Brito de Paula – Articuladora de Campo
Emanuel Costa Maranhão – Articulador de Campo
José Maria Tabosa – Articulador de Campo

Sarah Diva da Silva Ipiranga- Responsável pela revisão textual



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria das Cidades

EQUIPE TÉCNICA - Secretaria das Cidades

Secretário das Cidades:

José Jácome Carneiro Albuquerque

Secretário Executivo de Habitação e Desenvolvimento Urbano:

Marcos César Cals de Oliveira

Secretário Executivo de Planejamento e Gestão Interna

Carlos Edilson Araújo

Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano – CODUR

Coordenador: Bruno César Nobre

Assistente Técnica: Andrezza de Freitas Guimarães

Coordenadoria de Regularização Fundiária – COREF

Coordenador: Ricardo Durval Eduardo de Lima



EQUIPE TÉCNICA - Instituto de Planejamento de Fortaleza (IPLANFOR)

Superintendente:

Eudoro Walter de Santana

Superintendente Adjunto:

Mário Fracalossi Júnior

Diretoria de Articulação e Integração de Políticas (DIART):

Diretora: Juliana Mara de Freitas Sena Mota

Gerência de Integração de Políticas Públicas:

Gerente: Joana e Silva Bezerra Kesselring

Gerência de Políticas para Zonas Especiais:

Gerente: Natália Nunes Saraiva

Analistas de Planejamento e Gestão:

Armando Elísio Gonçalves da Silveira

Gérsica Vasconcelos Goes

Haroldo Lopes Soares Filho

CONSELHO GESTOR DA ZEIS PIRAMBU

Segmento Sociedade Civil

Tereza Cristina Alves Barbosa – Titular
Francisco Danilo Silva de Sousa – Titular
Jean Carlos de Oliveira Cruz – Titular
Gustavo Santiago Oliveira – Titular
Raimundo Nonato Silva de Brito – Titular
Francinete Cabral Lima – Titular
Samara Silva dos Santos – Suplente
Paulo de Tarso Rodrigues Aguiar Junior – Suplente
Francisco Osias Matos dos Santos – Suplente
Francisco Elias de Moraes – Suplente
Naja Catarina Oliveira da Silva – Suplente
Débora Nóbrega dos Santos – Suplente

Federação do Movimento Comunitário do Pirambu – FEMOCOPI – Org. Civil

Segmento Poder Público

Coordenadoria Especial de Participação Social – CEPES
Gabinete do Prefeito – GABPREF
Instituto de Planejamento de Fortaleza – IPLANFOR
Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente – SEUMA
Secretaria Municipal do Desenvolvimento Habitacional de Fortaleza – HABITAFOR
Secretaria Regional I – SR I

Câmara Municipal de Fortaleza – CMFOR

APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte integrante do Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) da Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) do Lagamar. O PIRF, instrumento previsto no Plano Diretor Participativo de Fortaleza, consiste em um plano de regularização fundiária elaborado a partir de uma abordagem sistêmica, envolvendo análises do processo de ocupação do território e integração de políticas econômicas, fundiárias, ambientais e urbanísticas. O plano foi desenvolvido de forma democrática e interativa e contou com a colaboração dos moradores da ZEIS Lagamar.

O trabalho é resultado de uma parceria interinstitucional entre a Prefeitura Municipal de Fortaleza, via Instituto de Planejamento de Fortaleza (IPLANFOR), o Governo do Estado do Ceará, via Secretaria das Cidades, e a Universidade Estadual do Ceará (UECE), representada por sua equipe técnica instituída pelo então Reitor José Jackson Coelho Sampaio, em 2019.

Em um breve relato, as tratativas desse projeto na UECE iniciaram-se ainda em 2018, sob a coordenação do Prof^o Dr. Hermano José Batista de Carvalho, pessoa responsável pela articulação inicial entre as instituições envolvidas, bem como pela redação da proposta da UECE em atenção à demanda feita pelo IPLANFOR. Entre 2018 e os primeiros seis meses do ano de 2019, diversas reuniões de aperfeiçoamento da proposta foram conduzidas pelo Prof. Hermano Batista e a equipe técnica do IPLANFOR, nomeada pelo seu superintendente, o Ilmo. Sr. Eudoro Walter de Santana. Em agosto de 2019, após quase um ano de construção da proposta, teve início o período de execução por meio do trabalho da equipe técnica da UECE. Nesse período, iniciaram-se os trabalhos das equipes juntamente com a comunidade no território da ZEIS Lagamar.

No dia 22 de agosto de 2019, o Magnífico Reitor da UECE, Prof. Jackson Coelho Sampaio, recebeu as lideranças da ZEIS Lagamar para uma acolhida institucional, reforçando os laços e compromissos da instituição com o desenvolvimento pleno do PIRF. Também estavam presentes os parceiros interinstitucionais - Hidelbrando Soares (UECE), Eudoro Walter de Santana (IPLANFOR), Paulo Henrique Lustosa (Secretaria das Cidades), os membros da equipe técnica da UECE, pró-reitores, diretores de Centro e o Chefe de Gabinete.

Por ocasião desse primeiro contato oficial entre os interessados no PIRF, o Prof. Augusto Reinaldo Pimentel Guimarães, então coordenador-geral pela UECE, deu por iniciadas as atividades oficiais da UECE no desenvolvimento do PIRF da ZEIS Lagamar. Ainda no transcorrer dos meses do segundo semestre de 2019, os Planos de Trabalho foram aprovados pelo Conselho Gestor, tendo início a etapa de confecção dos cadernos

temáticos, agora sob a coordenação-geral do Prof. Hidelbrando Soares, que orientou as fases seguintes até a aprovação final de todos os cadernos pelo Conselho Gestor.

Ciente da importância desse projeto na tentativa de contribuir com o planejamento de uma cidade sustentável e com maior equidade social, o grupo da UECE estabeleceu prioridade total para a sua execução com a efetiva participação das comunidades e amparo científico necessário na mediação de interesses antagônicos, visando a garantir, da maneira mais viável possível, o estabelecimento de estratégias objetivas de regularização fundiária para as comunidades envolvidas.

No momento em que a Universidade Estadual do Ceará (UECE) finaliza o projeto com a entrega do produto final, registramos a honra de ter participado dessa iniciativa de profundo interesse comum para a consolidação da cidadania no município de Fortaleza. Nas palavras do Prof^o Hidelbrando dos Santos Soares:

A UECE tem muito orgulho de participar desse trabalho que, com certeza, será fundamental para o desenvolvimento socioeconômico sustentável de Fortaleza, com impactos diretos na qualidade de vida da população. O trabalho realizado pelos pesquisadores envolvidos com esse projeto se diferencia por ajudar o poder público a pensar fora do senso comum, mas sem ignorar as demandas das comunidades e dos grupos que habitam esses locais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	METODOLOGIA DO TRABALHO.....	17
3	CONTEXTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA.	23
3.1	Unidades geológicas e relevos associados.....	23
3.2	Clima e recursos hídricos.....	28
3.2.1	O clima do município de Fortaleza sob o enfoque da dinâmica superficial.....	28
3.2.1.1	<i>Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza.....</i>	30
3.2.1.2	<i>Detalhamento da pluviometria e dos regimes de ventos em Fortaleza.....</i>	31
3.2.2	Os recursos hídricos superficiais.....	34
3.3	Solos e vegetação.....	36
4	ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS DA ZEIS PIRAMBU.....	40
4.1	Contexto geoambiental local.....	40
4.2	Cartografia social.....	50
5	SANEAMENTO AMBIENTAL E LIMITAÇÕES DE USO DA ZEIS PIRAMBU.....	53
5.1	Saneamento ambiental.....	53
5.1.1	Abastecimento de água e uso de água subterrânea.....	54
5.1.2	Esgotamento sanitário e drenagem urbana.....	57
5.1.3	Gerenciamento de resíduos sólidos.....	61
5.1.4	Saúde ambiental e vetores de transmissão de doenças.....	62
5.1.5	Índice de cobertura vegetal.....	62
5.2	Limitações de uso.....	65
5.2.1	Áreas de preservação permanente.....	65
5.2.2	Riscos para a ocupação.....	71
5.2.2.1	<i>Dinâmica de superfície.....</i>	71
5.2.2.2	<i>Áreas de risco.....</i>	80
6	PERIGOS NATURAIS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....	86
6.1	Áreas suscetíveis a eventos naturais danosos (perigos naturais).....	86
6.2	Propostas de intervenção.....	91
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93

REFERÊNCIAS..... 94

1 INTRODUÇÃO

O município de Fortaleza se localiza na porção norte do estado do Ceará, com área de 312,407 km² e população de cerca de 2,6 milhões de habitantes, destacando-se como a quinta maior capital do Brasil, cuja densidade demográfica, que atinge 7.786,44 hab./km², é a maior dentre as capitais do país (IBGE, 2019). A cidade constitui o maior centro urbano do Ceará, com uma região metropolitana que abrange 19 municípios e uma população total de cerca de 4 milhões de habitantes (IPECE, 2018).

Fortaleza é delimitada ao norte e ao leste pelo Oceano Atlântico; ao sudeste, pelos municípios de Aquiraz e Eusébio; ao oeste, pelo município de Caucaia; ao sul, pelos municípios de Itaitinga, Pacatuba e Maracanaú (Figura 1).

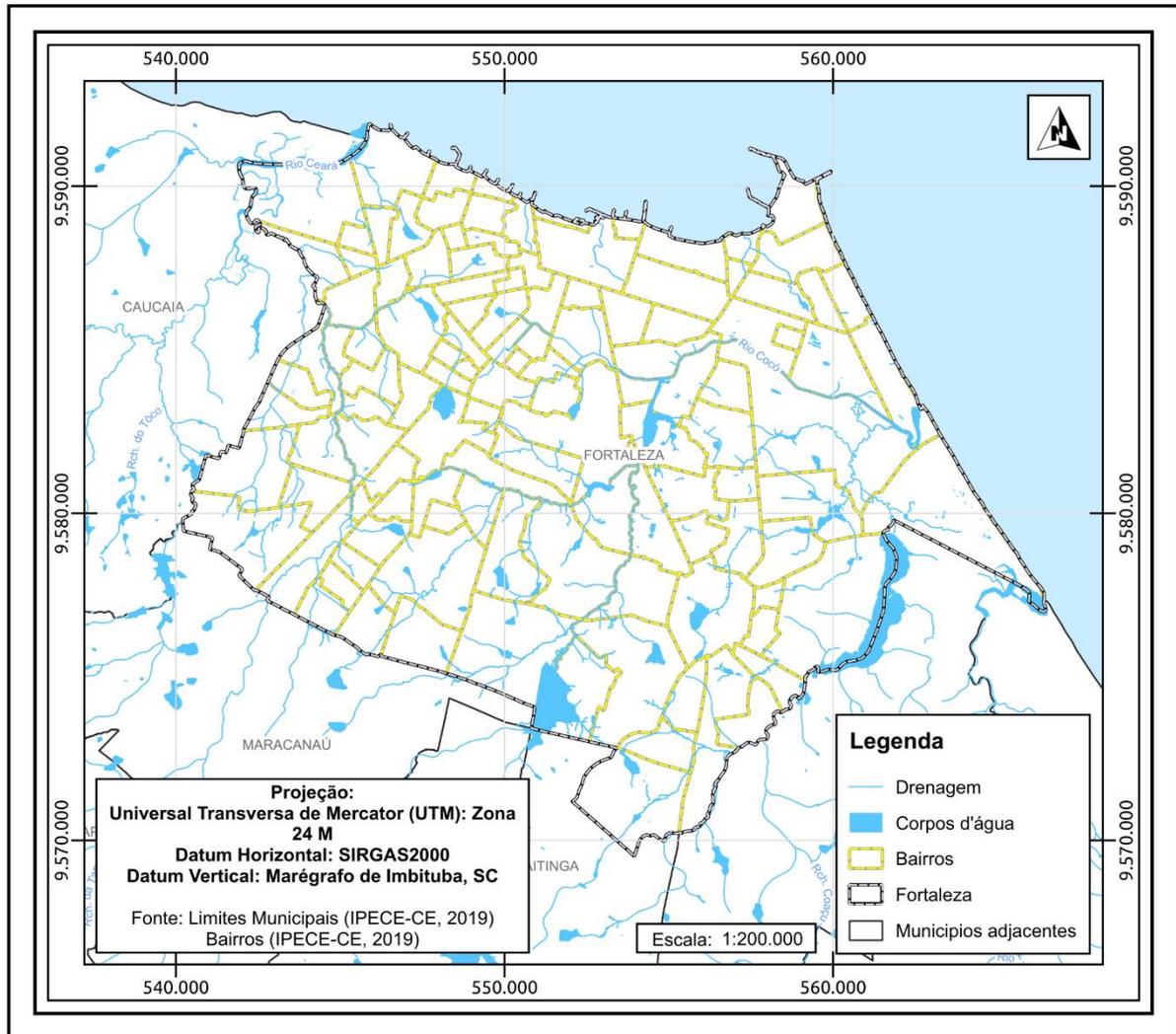
Em termos ambientais, o município de Fortaleza se localiza no setor litorâneo do Ceará, com paisagens naturais de formação recente, cuja dinâmica instável justifica a primazia de ambientes vulneráveis. Nessa perspectiva, é fundamental que sejam tomadas medidas sustentáveis voltadas para o ordenamento territorial urbano, visando harmonizar ao máximo a relação desse elevado contingente populacional com os ambientes locais.

Atualmente Fortaleza é um município considerado integralmente urbano, cujo sítio urbano ocupa praticamente todo o seu território, com exceção de algumas áreas naturais protegidas por meio de unidades de conservação, como no caso dos estuários e de alguns campos de dunas.

Com relação às estratégias de planejamento urbano para Fortaleza, merece destaque o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza (PDPFor), publicado em 2009 por meio da Lei Complementar Nº 62/2009, constituindo um avanço na democratização do planejamento urbano local e cujo macrozoneamento definiu zonas urbanas e suas capacidades edificantes, bem como as zonas ambientais não edificantes voltadas para a conservação e/ou preservação de setores ambientalmente sensíveis no âmbito municipal.

Tendo em vista os enormes desafios de ordenamento territorial urbano em espaços especialmente sensíveis do ponto de vista socioeconômico e socioambiental, o PDPFor instituiu as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), que foram subdivididas em três categorias e nas seguintes quantidades: 45 ZEIS do tipo 1 ou “de ocupações”, 56 ZEIS do tipo 2 ou “de conjuntos” e 34 ZEIS do tipo 3 ou “de vazios”.

Figura 1 – Mapa do município de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

A Lei Complementar nº 62/2009, em seu artigo 123, determina que

As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são porções do território, de propriedade pública ou privada, destinadas prioritariamente à promoção da regularização urbanística e fundiária dos assentamentos habitacionais de baixa renda existentes e consolidados e ao desenvolvimento de programas habitacionais de interesse social e de mercado popular nas áreas não edificadas, não utilizadas ou subutilizadas, estando sujeitas a critérios especiais de edificação, parcelamento, uso e ocupação do solo (FORTALEZA, 2009).

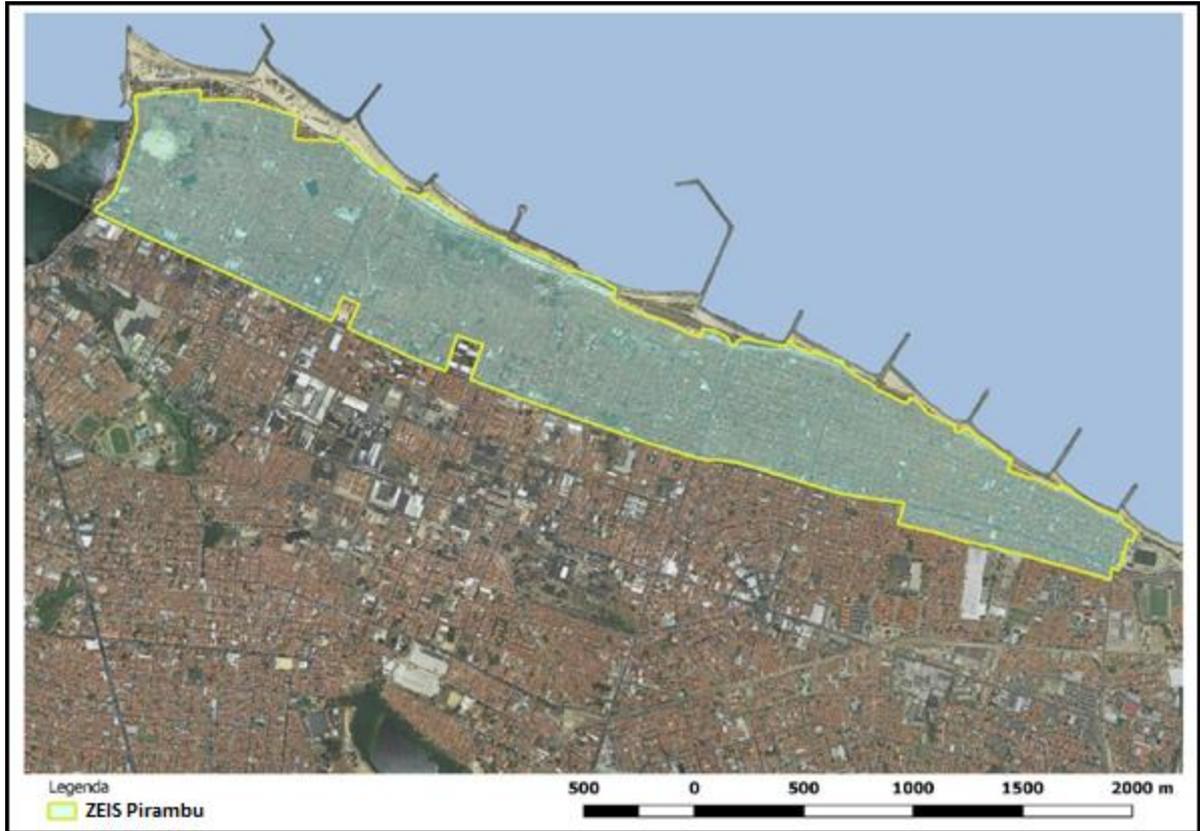
Ainda de acordo com a Lei Complementar nº 62/2009, em seu artigo 126, as ZEIS 1 “são compostas por assentamentos irregulares com ocupação desordenada, em áreas públicas ou particulares, constituídos por população de baixa renda, precários do ponto de vista urbanístico e habitacional, destinados à regularização fundiária, urbanística e ambiental” (FORTALEZA, 2009).

As ZEIS tipo 2 são constituídas por loteamentos clandestinos ou irregulares e conjuntos habitacionais, públicos ou privados, que estejam parcialmente urbanizados, ocupados por população de baixa renda, destinados à regularização fundiária e urbanística. Dentre seus objetivos, destacam-se os de efetivar o cumprimento das funções sociais da cidade, promover a regularização urbanística e fundiária dos assentamentos ocupados pela população de baixa renda, eliminar os riscos associados com ocupações em áreas inadequadas, ampliar a oferta de infraestrutura urbana e equipamentos comunitários, garantindo a qualidade ambiental aos seus habitantes, e promover o desenvolvimento humano local (FORTALEZA, 2009).

Considerando a complexidade e a heterogeneidade de situações existentes em cada área demarcada como ZEIS 1 e 2 e tendo em vista a necessidade da elaboração, de forma participativa, de um Plano Integrado de Regularização Fundiária (PIRF) para cada uma dessas áreas, torna-se fundamental que seja apresentada a caracterização de seus condicionantes físico-ambientais, de maneira que seja elaborado um diagnóstico do meio físico natural capaz de subsidiar estratégias de ordenamento territorial em escala cadastral, no qual sejam apresentadas as limitações, os problemas e as potencialidades dessas áreas.

Face ao exposto, o presente relatório apresenta o diagnóstico do quadro físico-ambiental da ZEIS Pirambu (Figura 2), situada na planície litorânea (setor centro/oeste de Fortaleza) e caracterizada por ambientes associados com extensos cordões arenosos.

Figura 2 – Delimitação da ZEIS Pirambu



Fonte: IPLANFOR.

2 METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia utilizada para o diagnóstico físico-ambiental seguiu o previsto na metodologia geral do PIRF, em que ficou estabelecido o cumprimento das seguintes etapas:

- a) Etapa 1 – compilatória, que consiste na fase de levantamento dos mais diversos temas específicos, dentre os quais se destaca a caracterização do meio físico, biótico e socioeconômico, a partir de objetivos e metas previamente traçados.
- b) Etapa 2 – correlatória, que consiste no desenvolvimento de atividades de inter-relação técnico-científica das informações levantadas até então com a participação coletiva dos agentes envolvidos.
- c) Etapa 3 – semântica/interpretativa, que consiste na consolidação do diagnóstico geoambiental que se apresenta como uma fase indispensável na elaboração das estratégias de manejo ambiental e ordenamento territorial sustentável.

Na etapa compilatória, foi realizado levantamento bibliográfico e cartográfico, que colaborou para a caracterização geral da ZEIS Pirambu e para a identificação dos principais problemas relacionados com seus aspectos físico-ambientais (pluviosidade, declividade, entre outros). Os mapas previamente identificados na literatura serviram de base para a elaboração de novos mapas utilizados na caracterização da área de estudo. As principais fontes consultadas foram *sites* oficiais de órgãos ambientais, trabalhos acadêmicos, artigos científicos, documentos oficiais e legislação pertinente. Textos de conteúdo jornalístico também foram considerados.

Cabe destacar que uma importante ferramenta utilizada no desenvolvimento do presente trabalho foi o Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir de técnicas de geoprocessamento. Geoprocessamento é uma área conhecimento que utiliza técnicas matemáticas computacionais para o tratamento de informações espaciais (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Esta técnica tem, como uma de suas principais vantagens, a possibilidade de avaliar áreas cada vez maiores em quantidades de tempo cada vez menores.

A utilização do geoprocessamento no presente trabalho foi feita com o intuito de se obter e processar diversos dados espaciais, nos quais a catalogação em campo seria inviável. Contudo, cabe destacar que as bases cartográficas utilizadas representam dados oficiais disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, além de instituições estaduais e federais. Todos os dados cartográficos editados foram projetados para o Sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) com DATUM SIRGAS 2000. Dentre as técnicas de geoprocessamento adotadas, destacam-se vetorização, classificação, modelos digitais de elevação e álgebra de mapas.

Um dos dados cartográficos mais importantes na presente pesquisa corresponde às curvas de nível com equidistância de 1 metro, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza. Essa informação altimétrica possibilitou a elaboração dos modelos digitais de elevação que permitiram a criação de mapas de declividade, perfis topográficos e modelagens matemáticas.

Na tentativa de se analisar a distribuição de áreas verdes no âmbito das áreas estudadas, foram adotados métodos de classificação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index ou Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), que é um índice de vegetação, representado por um modelo numérico, no qual se referencia a densidade de vegetação viva por área, ou seja, a biomassa vegetal (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2015).

Nos trabalhos com NDVI, foram inicialmente selecionadas imagens LandSat 8 mais recentes, com 0% de cobertura de nuvens para a região de Fortaleza, mais precisamente a cena *Path*: 216 e *Row*: 63. Foi escolhida uma imagem com data de imageamento em 11 de setembro de 2019. Tais informações foram adquiridas através do sistema *EarthExplorer* do *U.S. Geological Survey*, disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.

Posteriormente, em ambiente de desenvolvimento RStudio e sob linguagem R., as bandas do referido produto orbital foram submetidas ao recorte espacial do retângulo envolvente da área que compreende a cidade de Fortaleza, mais precisamente entre as coordenadas 3°53'9.57"S, 38°43'5.40"O e 3°41'30.94"S, 38°24'5.14"O.

Na sequência, essas imagens foram reprojetaadas para o Datum SIRGAS 2000, coordenadas UTM zone 24S, e foi aplicada a fórmula de NDVI nas bandas espectrais do infravermelho próximo e visível – vermelho. Por fim, foram elaborados mapas temáticos de NDVI para a área da ZEIS em estudo, bem como os seus respectivos cálculos das classes do NDVI, que são referentes ao intervalo que vai da presença de vegetação viva até a ausência total de vegetação, e seus respectivos valores em hectares.

Dando continuidade aos procedimentos de elaboração do presente trabalho, na etapa correlatória, duas atividades foram essenciais para o diagnóstico: as oficinas com a comunidade e as visitas de campo. As oficinas realizadas com a comunidade foram baseadas nos métodos de cartografia social e mapeamento participativo¹, que contam com a participação direta da comunidade local na elaboração dos mapas dos seus territórios. Os mapas da ZEIS Pirambu foram elaborados e previamente impressos; sob eles, os participantes apontaram os

¹ O mapeamento participativo começou no final da década de 1980, com o desenvolvimento de projetos na área rural, utilizando croquis geográficos, dando preferência para o incentivo do conhecimento local, desenvolvendo e facilitando a comunicação entre os habitantes e quem iria estudar a área (ARAÚJO; ANJOS; ROCHA-FILHO, 2017).

locais com os problemas ambientais que afligem suas comunidades. Nesta atividade, os participantes foram orientados a relatar dados sobre os temas: 1) abastecimento de água; 2) gerenciamento de resíduos sólidos; 3) coleta e tratamento de esgoto; 4) drenagem de águas pluviais; 5) infraestrutura habitacional; e 6) saúde ambiental. Desta forma, a partir dos relatos dos participantes, as informações foram incorporadas aos mapas impressos, auxiliando sobremaneira na identificação dos pontos críticos onde tais problemas socioambientais ocorrem com maior frequência nas comunidades.

Para tanto, os seis temas norteadores foram divididos por cores (Quadro 1) para facilitar a construção das legendas dos mapas. A linguagem utilizada nas abordagens foi isenta de termos técnicos-científicos para melhor compreensão por parte dos informantes-chave e maior agilidade no processo. Esse método possibilitou a participação ativa e democrática da comunidade, contribuindo para a caracterização dos demais mapas elaborados para a ZEIS Pirambu.

Quadro 1 – Temas utilizados nas oficinas de cartografia social

TEMAS NORTEADORES PARA A OFICINA DE CARTOGRAFIA SOCIAL
ABASTECIMENTO DE ÁGUA
1. Acesso à água da CAGECE*
2. Acesso à água de poço
3. Uso de método de tratamento da água para beber
4. Considera a água de boa qualidade (sem cheiro, cor ou odor)
GERENCIAMENTO DE LIXO
1. Coleta de lixo/acesso
2. Existência de lixo nas ruas
3. Terrenos baldios com lixo
4. Existência de ratos ou outros vetores provenientes do lixo
5. Ecopontos acessíveis
COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO
1. Coleta de esgoto
2. Lugares onde a água cinza escoar pelas ruas (água de pias e chuveiro)
3. Tipo de fossa existente (fossa negra ou séptica)
DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS
1. Locais onde existe um alagamento permanente
2. Locais onde ocorrem alagamentos eventuais devido a chuvas
3. Ruas onde ocorre forte escoamento de águas de chuva
4. Erosão (remoção de areia) provocada por água das chuvas
INFRAESTRUTURA
1. Existência de rachaduras
2. Piso afundando
3. Deslizamento/construções irregulares
4. Construção abandonada
5. Áreas de lazer
SAÚDE AMBIENTAL (MEIO AMBIENTE URBANO)
1. Doenças recorrentes na comunidade
2. Conforto térmico
3. Arborização na comunidade
4. Problemas relacionados à poluição sonora
5. Circulação de animais venenosos (escorpião, cobra, lacraia)

*CAGECE = Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Fonte: Autoria própria.

No total, foram realizadas três oficinas no dia 27 de setembro de 2019, uma em cada bairro: Pirambu (FEMOCOPI), Cristo Redentor (CSU) e Barra do Ceará (Centro de Profissionalização Inclusiva para Pessoas com Deficiência) (Figura 3).

Figura 3 – Oficinas de cartografia social da ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Com os mapas devidamente demarcados, a equipe partiu para a etapa de levantamento de campo, que teve como objetivo constatar e realizar registro fotográfico dos locais indicados pelos conselheiros e demais moradores nas oficinas, além de coletar outros dados para a caracterização geral da área de estudo. As visitas de campo contaram com a participação de moradores e conselheiros da ZEIS, que acompanharam a equipe durante todo o percurso, contribuindo sobremaneira para o sucesso dos resultados esperados para esta etapa.

Associados às atividades de levantamento bibliográfico, oficinas e visitas de campo, foi produzido um conjunto de materiais cartográficos com o objetivo de organizar um acervo de arquivos vetoriais e matriciais que viabilizassem a elaboração de cartografias básicas e temáticas. Nessa perspectiva, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento, tais como vetorização, modelos digitais de elevação, classificação, álgebra de mapas e modelagem ambiental.

A etapa semântica/interpretativa se consolidou com o cruzamento das informações obtidas no levantamento bibliográfico e cartográfico, na oficina com a comunidade e nas visitas

de campo, quando foi possível a interpretação e a integração destes dados, que forneceram contribuições para a elaboração do presente relatório.

3 CONTEXTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

O município de Fortaleza apresenta um complexo mosaico paisagístico, tendo em vista a expressiva variedade de condicionantes geoambientais, com predomínio de ambientes relacionados com superfícies de deposição sedimentar cenozoica. Sua localização na zona costeira justifica a grande relevância da interface entre agentes continentais e costeiros na configuração da dinâmica natural e, conseqüentemente, na evolução das paisagens.

Neste sentido, é fundamental que sejam apresentados os aspectos referentes aos condicionantes naturais de Fortaleza, com destaque para os elementos geológico/geomorfológicos, os parâmetros hidroclimáticos e as relações fitopedológicas municipais para que se possa elaborar uma caracterização do quadro físico-natural da área em análise. Dessa forma, pode-se ter uma visão ambiental integrada em escala municipal de maneira a contribuir com os trabalhos em escalas mais detalhadas, como no caso específico das propostas de requalificação urbana da ZEIS Pirambu.

3.1 Unidades geológicas e relevos associados

Conforme apresentado anteriormente, Fortaleza é um município localizado na zona costeira do Ceará, que constitui o nível de base regional e justifica o predomínio de coberturas sedimentares cenozoicas. Em proporção bastante reduzida, encontram-se exposições de rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, além de relevos residuais derivados de vulcanismo terciário (CPRM, 2003).

Fortaleza está situada, predominantemente, no Domínio dos Depósitos Cenozoicos (SOUZA, 1988), apresentando paisagens tipicamente costeiras associadas à dinâmica instável de sedimentos areno-argilosos inconsolidados. De acordo com a divisão dos domínios morfoestruturais da fachada marítima cearense proposta por Claudino Sales (2002; 2007), a área de estudo se localiza no Domínio Baturité, correspondendo a um compartimento estrutural elevado.

De acordo com CPRM (2003), as rochas do embasamento cristalino que ocorrem em Fortaleza são predominantemente metamórficas e pertencem à Unidade Canindé (Paleo-Proterozoioco), sendo representadas por complexos gnáissicos-migmatítico com intercalações granítico-migmatítico. Tais exposições geológicas ocorrem através de superfícies de erosão rebaixadas, denominadas regionalmente como depressão sertaneja, cujos ciclos erosivos responsáveis pela elaboração morfológica da tais superfícies se devem ao cenozoico, com

destaque morfogênético final para o Quaternário (DRESCH, 1957; DEMANGEOT, 1960; AB'SÁBER, 1969; BIGARELLA; ANDRADE, 1964; MABESOONE; CASTRO, 1975).

Durante o Paleógeno, merece destaque um importante evento tectônico conhecido localmente como Vulcanismo Messejana (ALMEIDA *et al.*, 1988; VANDOROS; OLIVEIRA, 1968), ocorrido entre 44 e 29 MA (Eoceno/Oligoceno), que estaria relacionado aos processos de separação da América do Sul e África (MIZUSAKI; THOMAZ FILHO, 2004), apresentando um lineamento relacionado com o Arquipélago de Fernando de Noronha (BRANDÃO, 1995). Desse evento derivaram rochas alcalinas (fonólitos e traquitos) que atualmente constituem relevos vulcânicos residuais denominados de *necks*, como é o caso do morro do Caruru e do Ancuri.

Com relação às unidades geológicas deposicionais, merece destaque a expressiva ocorrência de depósitos do Grupo Barreiras, datados do Terciário. Esse grupo constitui uma faixa de deposição de largura variável representada por sedimentos areno-argilosos de coloração vermelho-amarelada derivada das reações de oxidação de ferro e alumínio.

O Grupo Barreiras corresponde a rampas detríticas, praticamente contínuas do Pará até o Rio de Janeiro, que mergulham em direção ao oceano Atlântico, cuja sedimentação teve relação direta com soerguimentos epirogenéticos (BEZERRA *et al.*, 2001; SAADI *et al.*, 2005; NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011). As grandes inconformidades erosivas e variações sedimentológicas do Barreiras inviabilizam a sua classificação como Formação (BIGARELLA *et al.*, 2007), sendo mais apropriada a terminologia Grupo (BIGARELLA; ANDRADE, 1964). O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos, siliclásticos, de origem fluvial e marinha (ARAI, 2006), mal selecionados, de cores variadas e material pouco ou não consolidado (VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001), podendo apresentar grãos de tamanhos variados, inclusive com a possibilidade de conglomerados.

Os aspectos texturais dos sedimentos do Barreiras apresentam reflexos diretos sobre a morfologia. Nos casos de granulometria arenosa, constatam-se topografias tabulares, enquanto as fácies argilosas possibilitam uma maior dissecação topográfica. A configuração topográfica tabular relacionada com a deposição do Barreiras, justificando uma suave rampa de deposição com declive em direção ao litoral, condiciona uma drenagem consequente com padrão paralelo, conforme se observa nos baixos cursos de rios cearenses.

A expressiva representação espacial dos sedimentos do Grupo Barreiras justifica sua topografia predominantemente plana associada com os tabuleiros pré-litorâneos, podendo ser classificados geomorfologicamente como um *glacis* de deposição. Dessa forma, pode-se destacar que as principais áreas de riscos ambientais em Fortaleza estão associadas,

preferencialmente, a eventos de inundação, uma vez que a topografia tabular limita a ocorrência de eventos gravitacionais de massa e riscos associados.

As áreas de deposição quaternárias são representadas por sedimentos litorâneos inconsolidados, configurando cordões arenosos sobrepostos aos sedimentos do Grupo Barreiras. Tais sedimentos são constituídos por areias de granulação fina e média muito bem selecionadas através do transporte eólico. No contexto regional do entorno da área de estudo, a configuração e a localização de tais sedimentos podem influenciar na formação de determinadas feições de origem eólicas, como campos de dunas móveis e fixas e superfícies de deflação.

Em termos de classificação geomorfológica, pode-se afirmar que esses setores de deposição quaternária constituem um macro compartimento denominado planície litorânea. Ao longo do estado do Ceará, essa unidade é subdividida em várias subunidades menores, tais como campos de dunas, faixas de praia, pós-praia, superfícies de deflação e planícies fluviomarinhas. Maia *et al.* (2011) identificaram, para o Nordeste setentrional brasileiro, quatro gerações de dunas, cuja gênese está relacionada a movimentos eustáticos com datações de cerca de 105.000 anos, 20.000 anos, 13.000 anos e 3.000 anos, respectivamente.

As formações dunares constituídas em condições marinhas e continentais estão associadas às oscilações do nível do mar, com consequentes subidas e descidas da linha de costa numa margem continental fracamente inclinada, cuja evolução se dá em direção ao interior da zona costeira a partir da acumulação de areias quartzosas médias e, sobretudo, finas (CLAUDINO SALES, 2002), de colorações esbranquiçadas e, às vezes, amarelas ou avermelhadas (PINHEIRO; CLAUDINO SALES, 2008).

Em Fortaleza, mesmo com a urbanização consolidada, pode-se identificar ambientes arenosos com dinâmica natural ainda em funcionamento, como no caso de alguns campos de dunas e superfícies de deflação na praia do Futuro e, principalmente, na Sabiaguaba.

Nos setores de ocupação mais antiga de Fortaleza, entre a foz do rio Ceará e o Pontão do Mucuripe, além de grande parte das dunas da praia do Futuro, as unidades geomorfológicas relacionadas com a planície litorânea encontram-se fortemente descaracterizadas, tendo em vista o expressivo adensamento do sítio urbano que compromete a dinâmica sedimentológica.

Além dos sedimentos arenosos anteriormente mencionados, ocorrem depósitos aluviais quaternários, representando as planícies fluviais e as planícies fluviomarinhas. Tendo em vista se tratar de um município litorâneo, a capacidade de entalhe limitada da rede de drenagem em Fortaleza justifica pequenas amplitudes altimétricas entre os interflúvios e talwegues, face à reduzida capacidade energética dos rios. Como se trata de áreas de baixos

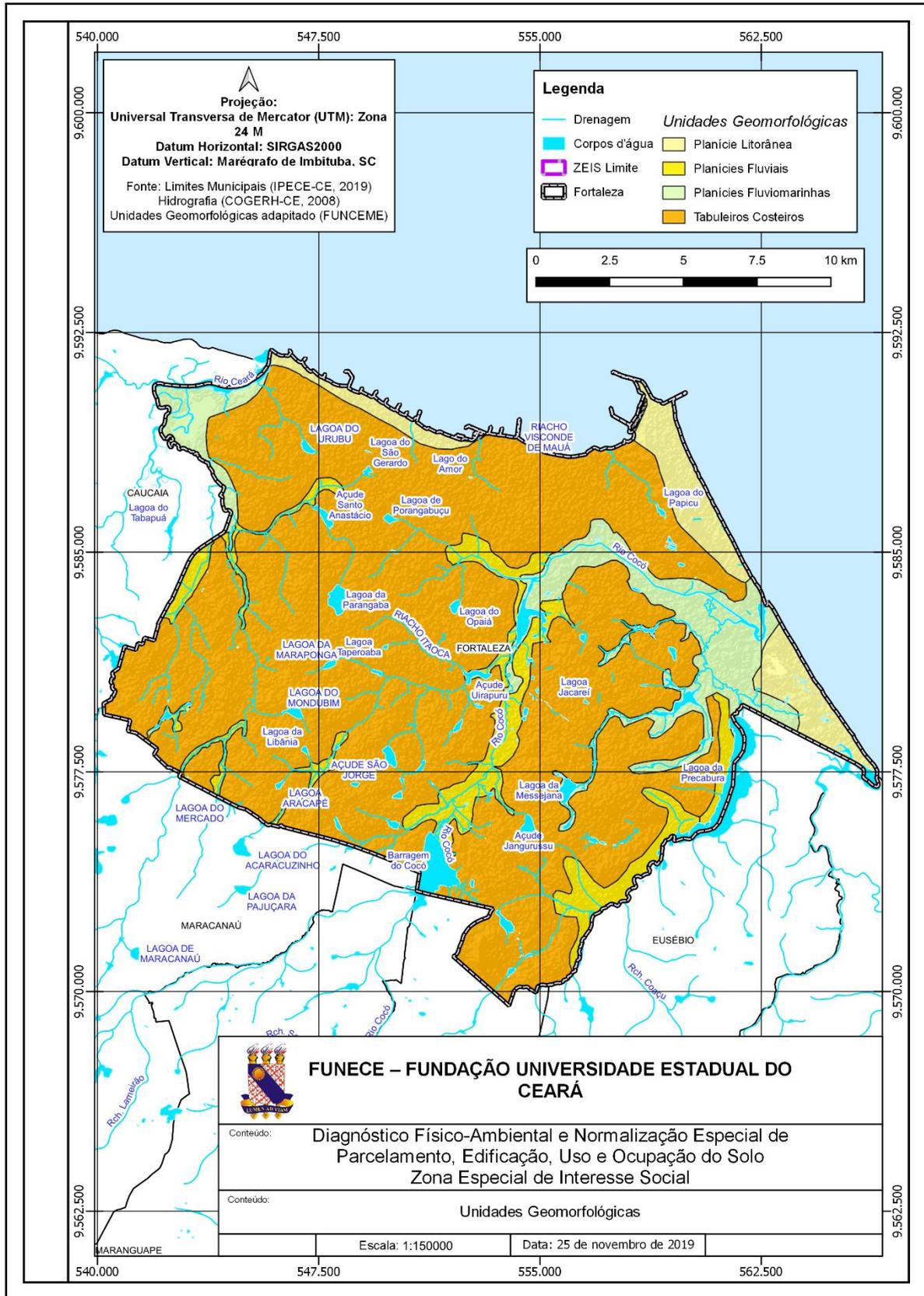
cursos fluviais, nessas áreas predominam depósitos sedimentares aluviais de fino calibre sedimentológico (argila e silte), sobretudo nos estuários.

Os estuários constituem os setores de topografias baixas que permitem a entrada da influência marinha através dos baixos canais fluviais, configurando unidades geomorfológicas denominadas planícies fluviomarinhas. Tais setores se localizam na foz dos rios Ceará, Cocó e Pacoti, especificamente no âmbito de Fortaleza.

Tendo em vista as características topográficas mencionadas, associadas com os aspectos pluviométricos irregulares típicos do semiárido brasileiro, são muito comuns ocupações em áreas de risco de inundações ao longo das margens fluviais do município de Fortaleza. Dessa forma, torna-se de fundamental importância, para efeito de ordenamento territorial urbano, que se conheça a compartimentação morfológica dos perfis transversais dos rios, de maneira a evitar ocupações em leitos naturais de inundações sazonais.

A Figura 4 apresenta o mapa com as unidades geomorfológicas do município de Fortaleza.

Figura 4 - Mapa geomorfológico de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

3.2 Clima e recursos hídricos

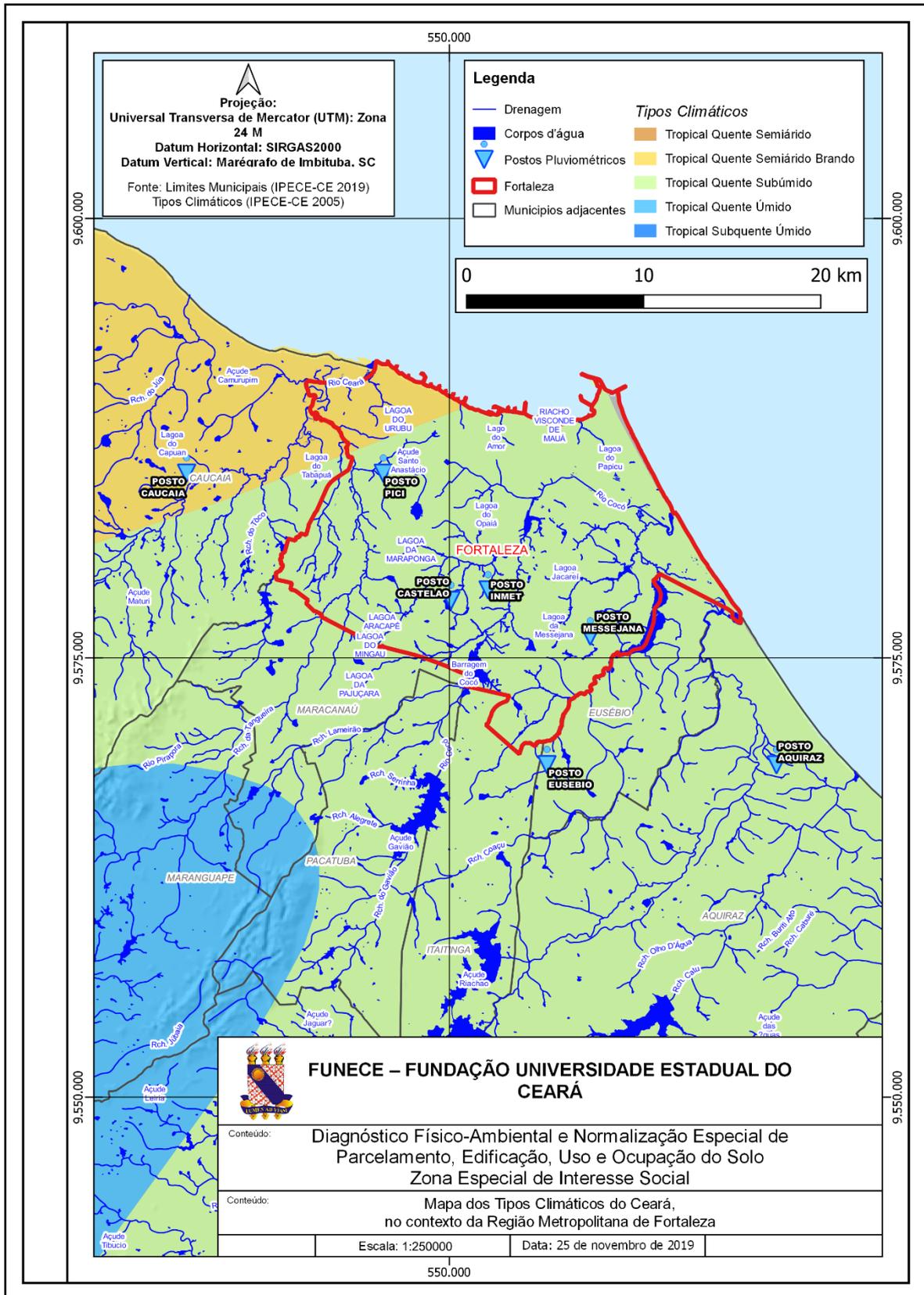
A compreensão dos aspectos climáticos e dos recursos hídricos associados a um espaço geográfico é de fundamental importância para a interpretação da dinâmica superficial e, conseqüentemente, para a análise de áreas de risco. Esse tópico tem o objetivo de apresentar uma visão sintética e setorizada de variáveis climáticas importantes na análise de risco, em especial, a precipitação e a distribuição dos recursos hídricos superficiais no município de Fortaleza, destacando o setor onde está disposta a ZEIS Pirambu.

Evidentemente, não se pretende detalhar com profundidade todos os aspectos hidroclimáticos de Fortaleza, pois estes já foram detalhados em trabalhos técnicos realizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), da Prefeitura Municipal de Fortaleza, além de trabalhos científicos, como Zanella e Sales (2016), Moura, Zanella e Sales (2008), Moura (2008), Freitas (2016), Paiva (2018), Magalhães (2015), Lima (2018) e Monteiro (2016).

3.2.1 O clima do município de Fortaleza sob o enfoque da dinâmica superficial

Na Figura 5, podem ser observados os tipos climáticos do Ceará, com enfoque na Região Metropolitana de Fortaleza. É possível observar que Fortaleza está inserida, quase em sua totalidade, no tipo climático Tropical Quente Subúmido. Em termos práticos, essa condição estabelece para a gestão da cidade os desafios de trabalhar a expansão urbana frente a uma precipitação anual histórica superior à do semiárido brasileiro e com importantes variabilidades temporais e espaciais.

Figura 5 – Mapa dos tipos climáticos atuantes no município de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

Para a descrição do clima e sua relação com a dinâmica superficial de Fortaleza, este tópico está dividido em duas sessões: 3.2.1.1 Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza; e 3.2.1.2 Detalhamento da pluviometria e dos regimes de ventos em Fortaleza.

3.2.1.1 Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza

O Quadro 2 apresenta uma síntese dos sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza e é uma adaptação do conteúdo apresentado na pesquisa de Moura (2008) e das informações contidas em FUNCEME (2019). De acordo com o tempo de duração e o tamanho, os sistemas são classificados em Grande Escala, Mesoescala e Escala Local.

Quadro 2 – Sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza

(continua)

GRANDE ESCALA	
Sistema Atmosférico	Características Gerais
Sistema Tropical Atlântico (TA)	Resultante da dinâmica atmosférica do centro de alta pressão (Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul), produtor da Massa tropical Atlântica mTa. Ao avançar sobre o continente, provoca temperaturas mais elevadas, pressão e umidade relativa baixas, sendo, assim, responsável pelas condições de estabilidade do tempo sobre Fortaleza, sobretudo no inverno e primavera (MOURA, 2008, p. 132).
Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil. A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira simplista, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar, quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, ocorrendo a formação das nuvens (FUNCEME, 2019).
MESOESCALA	
Sistema Atmosférico	Características Gerais
Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS)	Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) que atingem a região Nordeste do Brasil formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março. Sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. Os VCAS são um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia, há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCEME, 2019).
Linhas de Instabilidade (LI)	As Linhas de Instabilidade, que se formam principalmente nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março), encontram-se ao sul da Linha do Equador, influenciando as chuvas no litoral Norte do Nordeste e regiões adjacentes, e ocorrem no período da tarde e início da noite. As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, daí o seu nome. Sua formação se dá basicamente pelo fato de que, com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT (FUNCEME, 2019).

(conclusão)

MESOESCALA	
Sistema Atmosférico	Características Gerais
Complexos Convectivos de Mesoescala	Os CCM's são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão etc.) e provocam chuvas fortes e de curta duração. Normalmente as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada (FUNCEME, 2019).
Ondas de leste	As ondas de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil (FUNCEME, 2019).
ESCALA LOCAL	
Sistema Atmosférico	Características Gerais
Sistemas de brisas marítimas e terrestres	Ocorrem em função da diferença de temperatura entre a superfície terrestre e a superfície aquática. Com isso, o sistema de brisas atua normalmente com ventos soprando do mar para a terra durante o dia e da terra para o mar durante a noite, de acordo com as diferenças térmicas existentes entre a superfície do continente e a superfície do oceano.

Fonte: Elaboração própria a partir de Moura (2008) e FUNCEME (2009).

Mesmo considerando a complexidade dos sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza, pode-se enfatizar que a ZCIT se destaca enquanto sistema mais importante e que estabelece a quadra chuvosa (fevereiro a maio) (ZANELLA; SALES, 2016). Com isso, o primeiro semestre do ano apresenta os maiores registros de chuvas e, em razão disso, concentra os problemas de alagamentos e inundações que costumam atingir diretamente as populações residentes nas proximidades dos principais rios e lagoas.

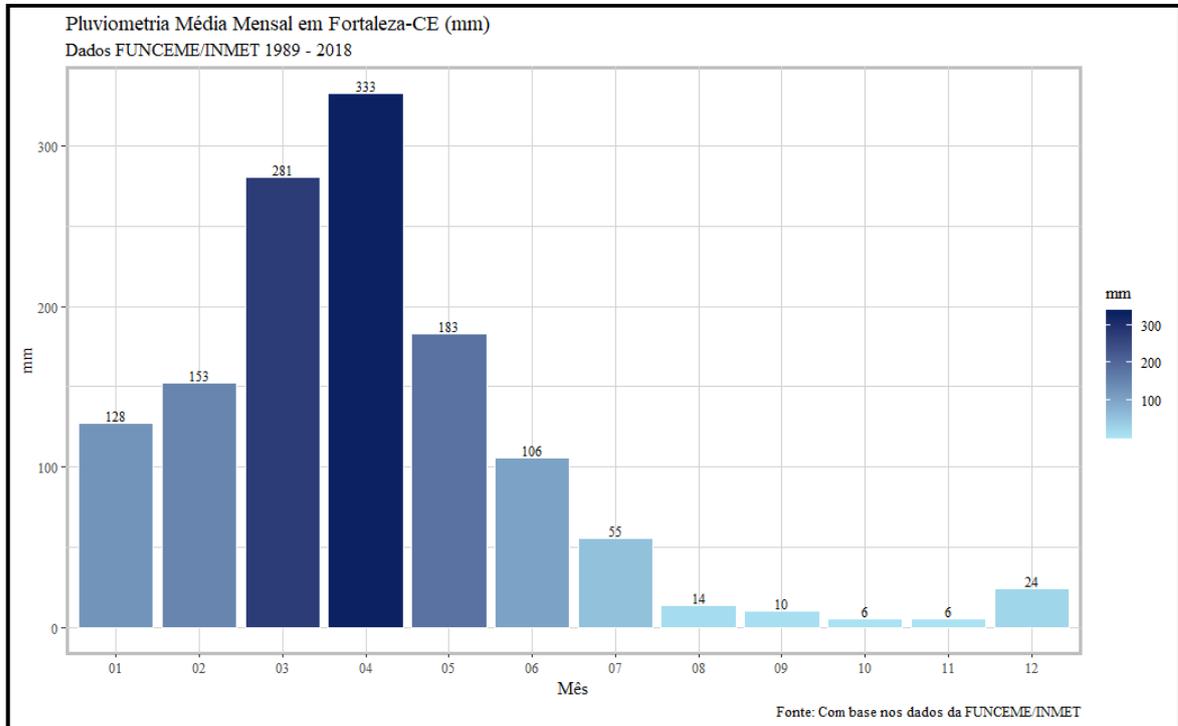
3.2.1.2 Detalhamento da pluviometria e dos regimes de ventos em Fortaleza

O município de Fortaleza apresenta uma condição de pluviosidade anual superior às encontradas nos municípios do semiárido brasileiro, uma vez que apresenta média histórica anual de 1.300 mm de chuvas (IPECE, 2017). Dessa forma, o município não atende aos critérios mínimos para ser enquadrado como um município pertencente ao semiárido, segundo os critérios estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de Nº 107, de 27/07/2017 e de Nº 115, de 23/11/2017.

A Figura 6 apresenta o gráfico da pluviometria média mensal em Fortaleza a partir de dados históricos dos anos de 1989 a 2018. O ápice das chuvas ocorre, historicamente, entre os meses de março e abril, destacando-se o mês de abril como o de maior ocorrência de chuvas, chegando a uma média de 333 mm. Esses são os meses críticos para as populações que residem nas proximidades dos recursos hídricos superficiais, como rios e lagoas. Porém, é preciso esclarecer que, devido à irregularidade pluviométrica, podem ocorrer eventos excepcionais de

chuvas em meses como janeiro e fevereiro, e isso pode ocasionar situações de emergências devido a inundações e alagamentos.

Figura 6 – Pluviometria média mensal em Fortaleza (1989 a 2018)

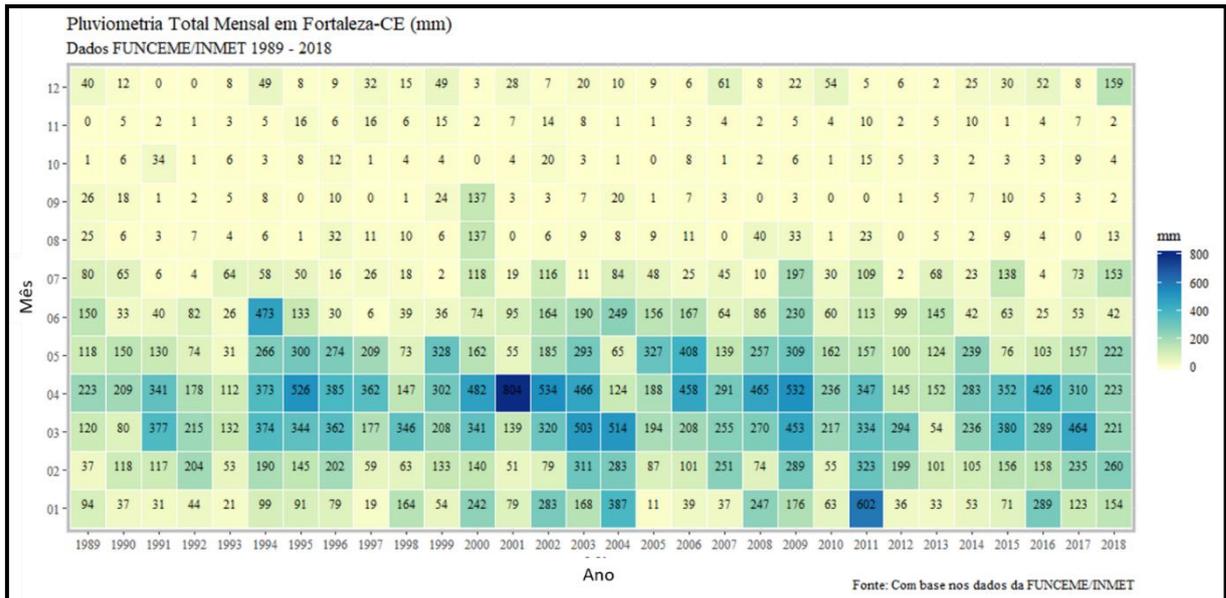


Fonte: Elaboração própria.

Como citado por Souza *et al.* (2009), essas variabilidades pluviométricas estão associadas às irregularidades ocasionadas pelas temperaturas dos oceanos tropicais e aos fenômenos *El Niño*, que causa prolongados períodos de secas, geradores de sérios problemas socioambientais, e *La Niña*, que provoca fortes chuvas que causam situações calamitosas, principalmente nas áreas sujeitas aos riscos ambientais. Portanto, é fundamental o monitoramento das temperaturas do oceano para a previsão de emergências relacionadas às áreas de risco de Fortaleza.

Como exemplo das variabilidades pluviométricas, a Figura 7 apresenta, no mês de janeiro, 10 anos em que a precipitação superou a média histórica dos 30 anos observados (1989 a 2018). Destaca-se o ano de 2011, no qual a precipitação acumulada em janeiro chegou a 602 mm, quase cinco vezes o valor da média histórica, que é de 128 mm para o mês. Evidentemente, em ocasiões como essa podem ocorrer situações de emergência associadas à elevação do nível dos recursos hídricos superficiais e à completa saturação e extravasamento da drenagem urbana, gerando pontos de alagamento.

Figura 7 – Pluviometria total mensal em Fortaleza (1989 a 2018)

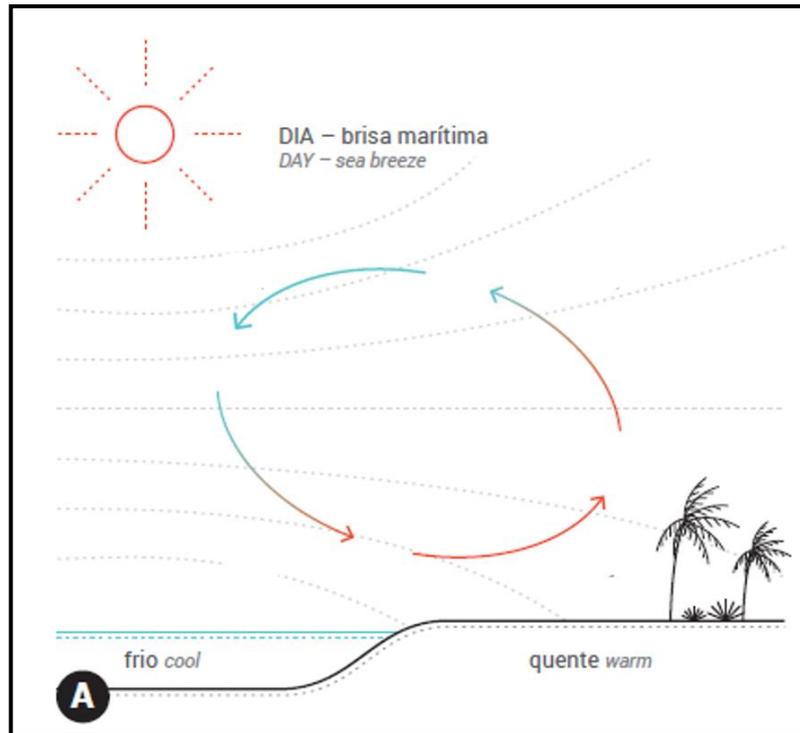


Fonte: Elaboração própria.

Por isso, é fundamental que o planejamento da cidade de Fortaleza e, em particular, das ZEIS (onde as populações são mais vulneráveis às ameaças) leve em consideração que os setores mais baixos e próximos aos cursos d'água devem ser mantidos desocupados e funcionar como áreas de inundação sazonal e amortecimento de cheias.

Sobre a incidência de ventos no município de Fortaleza e as áreas de risco, destaca-se que sua importância está relacionada essencialmente ao transporte eólico de sedimentos da faixa de praia para o continente. O sistema de brisas marítimas atua durante o dia devido às diferenças no aquecimento da superfície do continente e do oceano e condiciona a existência predominantemente de ventos que sopram do mar para a terra (Figura 8). E esse fenômeno se intensifica nos meses de baixa precipitação pluviométrica, chegando ao ápice nos meses de setembro, outubro e novembro. Porém, cabe mencionar a ZCIT como o sistema que mais influencia na dinâmica dos ventos, sendo conhecida como uma zona de ventos calmos, tendendo, assim, a reduzir a velocidade do vento quando se aproxima do Ceará e a intensificá-la quando se afasta (SCHUBERT, 2019).

Figura 8 – Modelo de circulação do vento maral



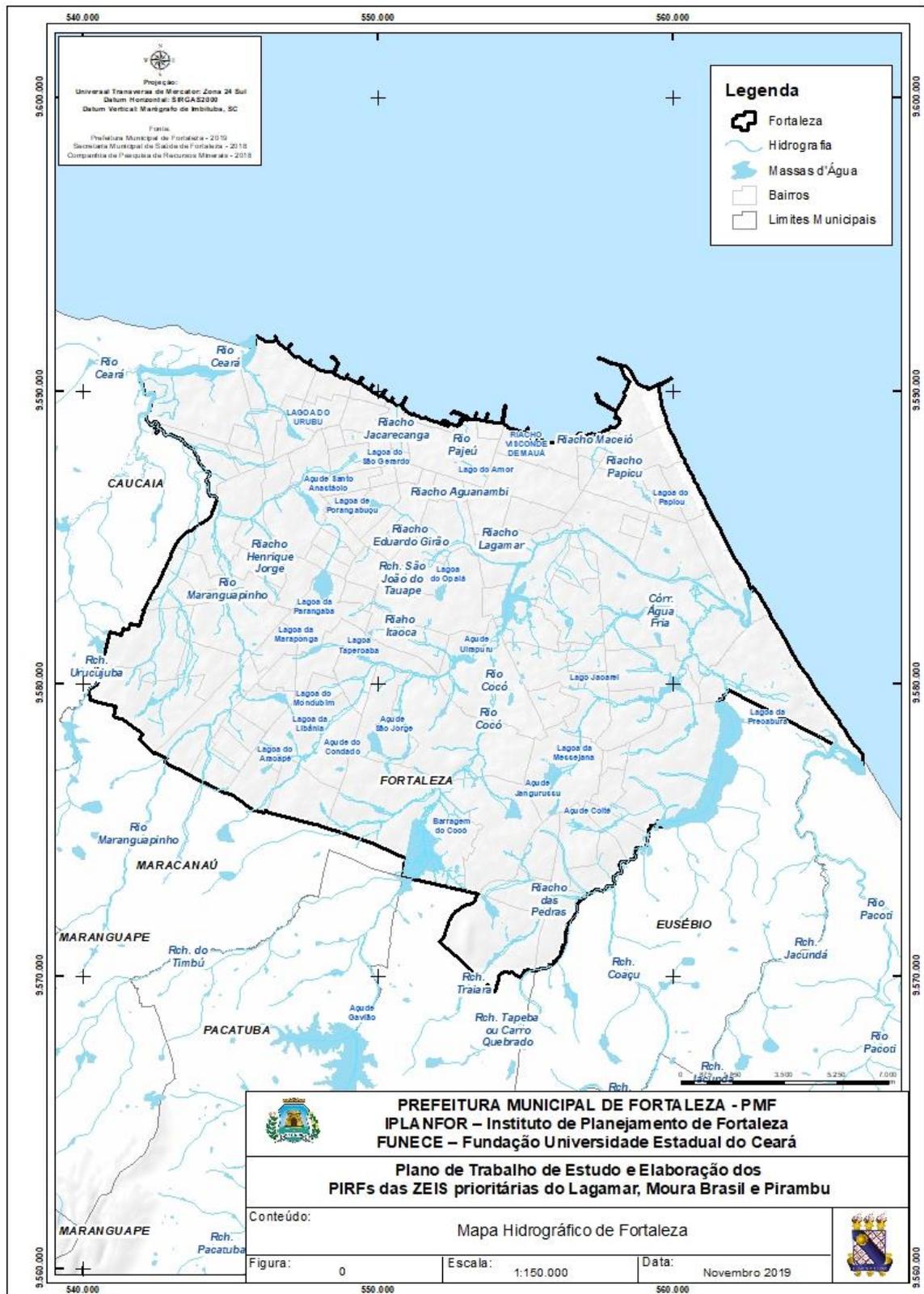
Fonte: Adaptado de Schubert (2019).

A velocidade dos ventos varia entre 2 e 6 m/s durante o ano em Fortaleza. Do ponto de vista do sistema natural, esses ventos são de fundamental importância na dinâmica dos ambientes litorâneos. São responsáveis por transportar sedimentos nas praias, planícies de deflação e dunas, ambientes fortemente instáveis que dificultam a ocupação humana. Porém, com a completa impermeabilização dos ambientes sedimentares, o transporte eólico é interrompido, o que influencia na degradação ambiental do litoral. O ambiente construído passa a sofrer com o transporte de sedimentos da faixa de praia, que invadem sazonalmente ruas e residências em Fortaleza.

3.2.2 Os recursos hídricos superficiais

Os recursos hídricos superficiais do município de Fortaleza são representados por rios, riachos, lagoas e estuários. Os três principais rios com estuários são: o rio Pacoti (situado no limite Leste do município); o rio Cocó (percorre a parte central do município até próximo ao estuário, quando muda sua direção para leste); e o rio Ceará (situado no extremo Oeste do município). Uma visão geral dos recursos hídricos superficiais de Fortaleza pode ser representada na Figura 9.

Figura 9 – Mapa dos recursos hídricos de Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

As características do embasamento geológico sedimentar associado ao regime de precipitações também contribuíram para a existência de lagoas perenes, como a Lagoa da

Maraponga, a Lagoa da Parangaba, a Lagoa de Messejana, a Lagoa do Opaia, a Lagoa do Papicu, dentre outras.

3.3 Solos e vegetação

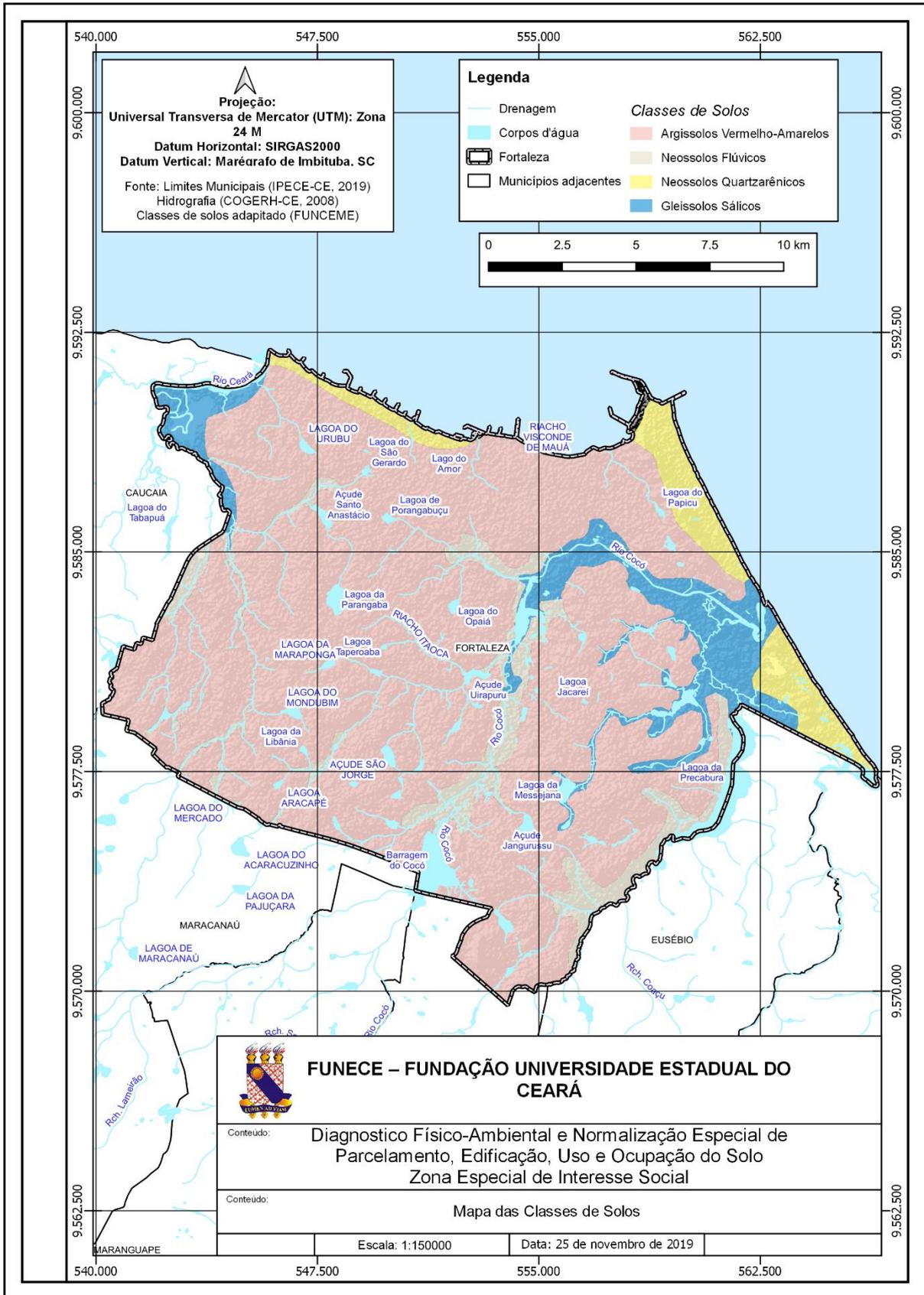
O município de Fortaleza apresenta originalmente quatro classes de solos: o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, o Neossolo Quartzarênico, o Neossolo Flúvico e o Geissolo. Estes apresentam uma distribuição espacial que pode ser visualizada na Figura 10.

O Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico está ligado às superfícies dos tabuleiros pré-litorâneos argilosos e é o solo com maior expressão espacial, contudo, a maior parte está impermeabilizada pelas estruturas urbanas. O Neossolo Quartzarênico ocorre nas planícies litorâneas e está ligado às fácies arenosas dos tabuleiros, sendo que ainda restam alguns setores onde este tipo de solo está exposto, como dunas fixas e planícies de deflação eólica. O Neossolo Flúvico situa-se nas planícies fluviais e lacustres, sendo sazonalmente inundados nos meses de maior precipitação. Já o Gleissolo situa-se nas planícies fluviomarinhas dos rios Pacoti, Cocó e Ceará, sendo periodicamente inundados por ação fluvial e marinha.

Ao longo do processo de urbanização de Fortaleza, os solos perderam o significado agrícola, sendo exíguas as áreas utilizadas para agricultura. Apenas práticas pontuais, como a produção de hortaliças no bairro da Sabiaguaba, podem ser percebidas, ocorrendo sempre em bairros pouco adensados e periféricos.

Já a cobertura vegetal de Fortaleza também foi quase que totalmente modificada, restando apenas alguns setores com a vegetação original. A manutenção de áreas verdes e a arborização urbana são importantes dispositivos para promover o bem-estar da população e a saúde ambiental. As plantas prestam diversos serviços ambientais, como a purificação do ar e a melhoria do conforto térmico, e colaboram para a biodiversidade.

Figura 10 – Mapa de solos de Fortaleza



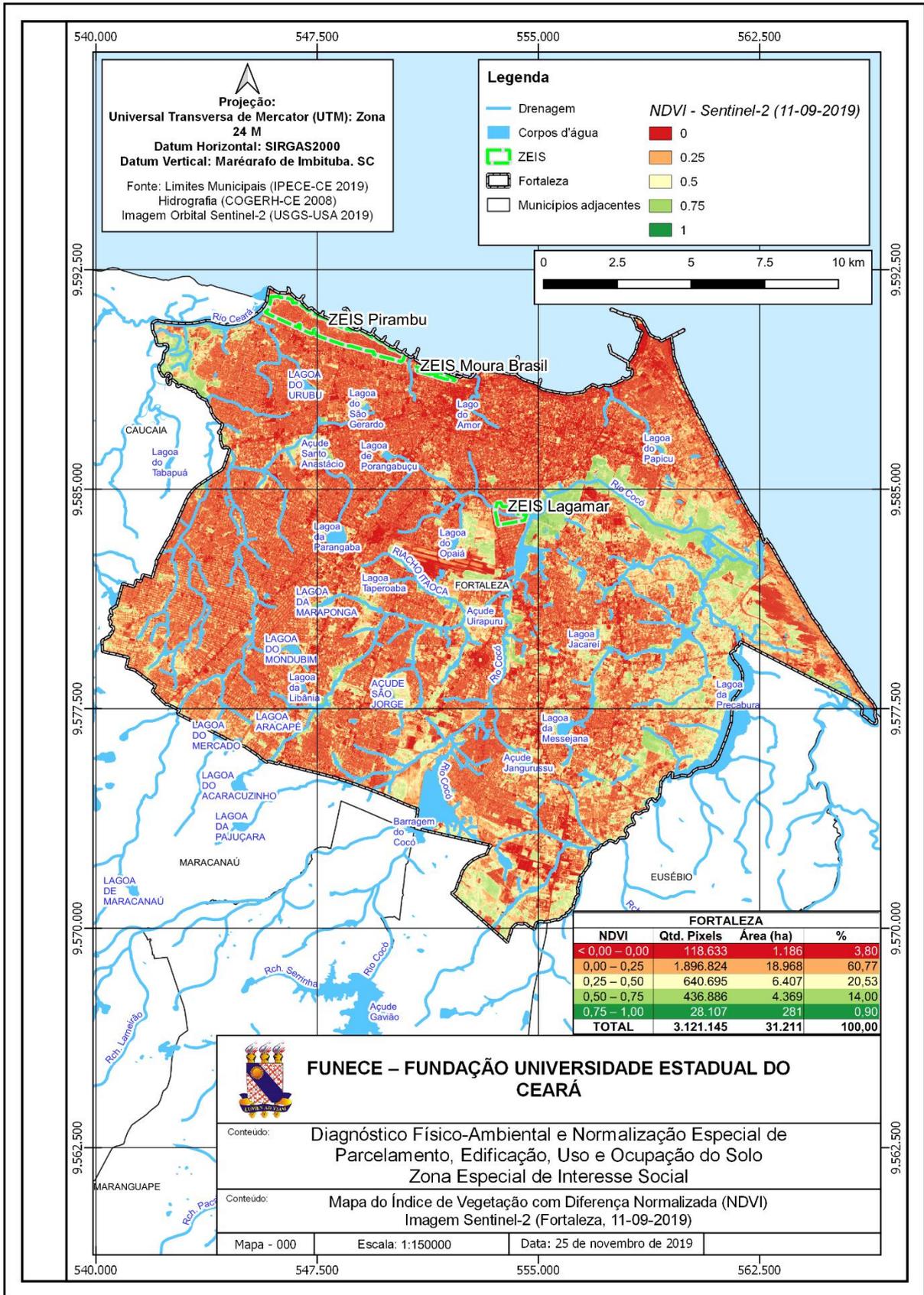
Fonte: Elaboração própria.

Para analisar a cobertura vegetal de Fortaleza, foi utilizada uma técnica baseada na aplicação de um índice, o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que significa, em português, Índice de Vegetação com Diferença Normalizada. A partir de imagens de satélite, usando o NDVI, é possível estimar a área de cobertura vegetal em ambientes rurais ou urbanos. Na Figura 11, é possível visualizar o resultado da aplicação no NDVI para Fortaleza, onde, na legenda do mapa, de 0 a 0,5 (cores: vermelho, laranja e amarelo), podem ser vistos os ambientes com ausência de vegetação; e, de 0,51 a 1 (tons de verde), podem ser vistos os ambientes com alta probabilidade de estarem recobertos por vegetação.

É possível perceber que Fortaleza é uma cidade pouco arborizada, e a vegetação está bastante concentrada no estuário do rio Cocó (vegetação de manguezal). Em menor quantidade, pode ser visualizada a vegetação ripária associada aos cursos d'água que percorrem a área urbana de Fortaleza. Outros setores que merecem ser destacados são: o estuário do rio Ceará no extremo Oeste de Fortaleza e as dunas e o tabuleiro pré-litorâneo no bairro da Sabiaguaba. De modo geral, pode-se afirmar que a vegetação de Fortaleza está concentrada nas unidades de conservação estaduais e municipais, ficando os outros setores da cidade com uma vegetação muito discreta.

Do ponto de vista fitogeográfico, a cidade de Fortaleza era originalmente colonizada pelas seguintes unidades fitogeográficas: caatinga, associada aos setores de exposição do embasamento cristalino; mata de tabuleiro, nas superfícies tabulares associadas ao Grupo Barreiras; mata ciliar, margeando os principais cursos d'água ao longo das planícies fluviais; manguezal, nas planícies fluviomarinhas; e complexo vegetacional litorâneo, ao longo da planície costeira associada a sedimentos arenosos.

Figura 11 – Mapa com o resultado da aplicação do NDVI para Fortaleza



Fonte: Elaboração própria.

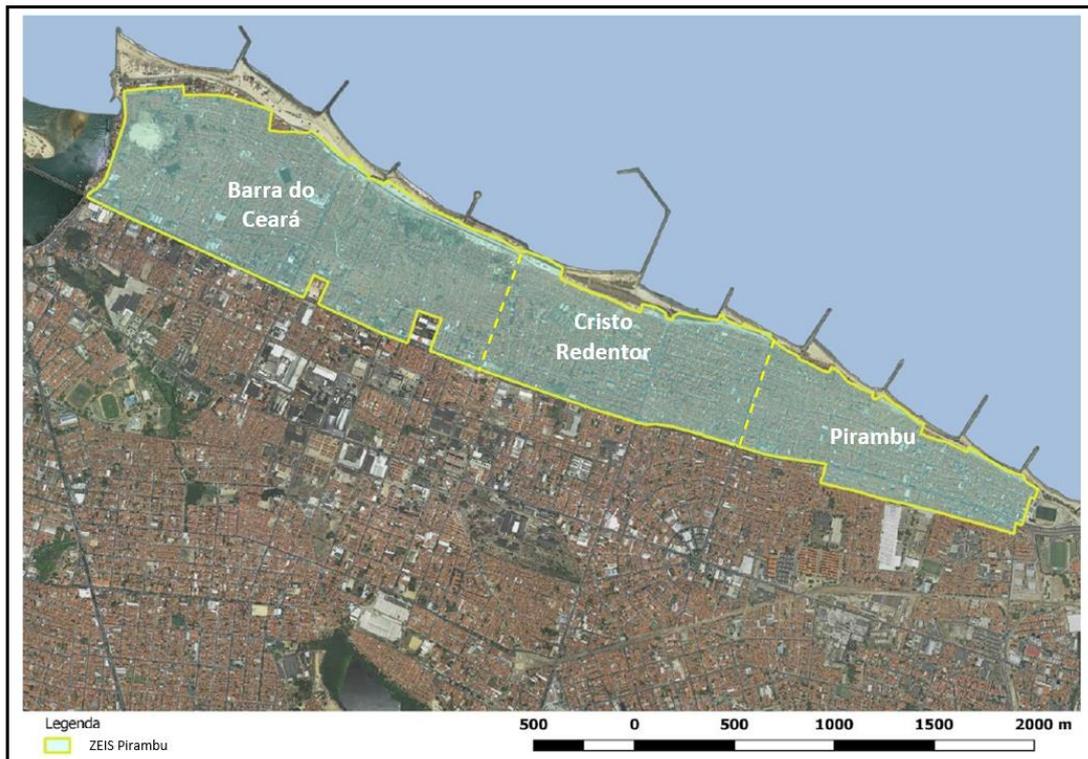
4 ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS DA ZEIS PIRAMBU

4.1 Contexto geoambiental local

A ZEIS Pirambu possui uma área de 281,83 ha e se localiza em um setor da planície litorânea de Fortaleza situado no extremo oeste da cidade, entendendo-se desde a foz do rio Ceará até a Areninha² do Pirambu, localizada próximo da Escola de Aprendizes de Marinheiros do Ceará. Trata-se de uma área com ambientes associados a cordões arenosos, com destaque para campos de dunas, setores de pós-praia e algumas áreas de tabuleiros.

A delimitação da ZEIS Pirambu é feita, ao norte, pela faixa de praia do Pirambu; à leste, pela Areninha do Pirambu; ao sul, pela avenida Presidente Castelo Branco; à oeste, pela foz do rio Ceará. A ZEIS Pirambu abrange três bairros: Barra do Ceará (no setor oeste), Cristo Redentor (na parte central) e Pirambu (no setor leste) (Figura 12).

Figura 12 – Mapa com a divisão dos bairros da ZEIS Pirambu

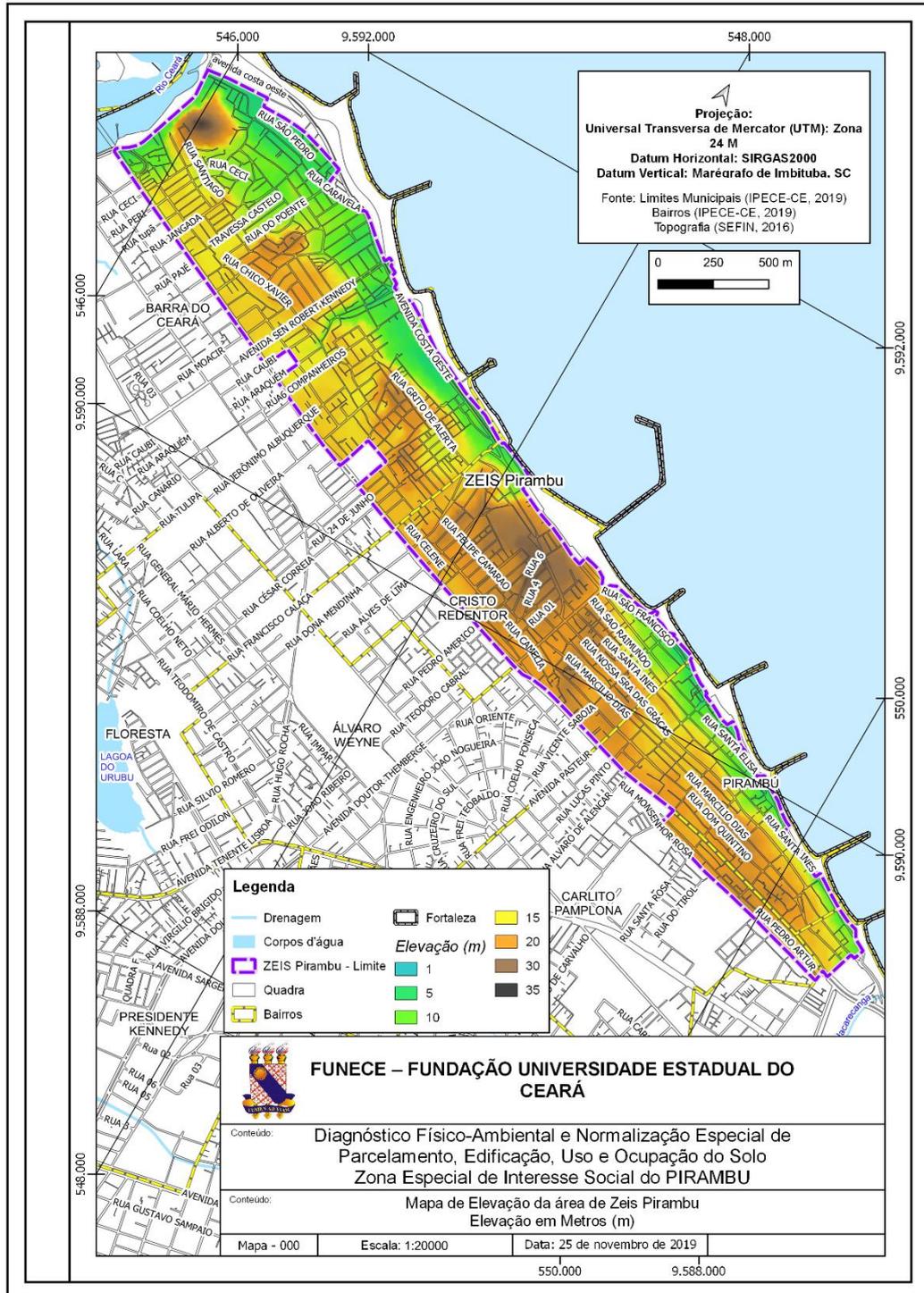


Fonte: Adaptado de IPLANFOR.

² Areninhas são campos de futebol urbanizados e requalificados pela prefeitura, em áreas com alto índice de vulnerabilidade social, com o objetivo de oferecer melhoria de vida para a região.

A topografia local apresenta altitudes que variam de 5 a 35 metros, com predomínio de cotas superiores a 15 metros (Figura 13), configurando o predomínio de campos de dunas. A amplitude topográfica de mais de 25 metros se justifica pela presença de um expressivo campo de dunas em contato com a pós-praia.

Figura 13 – Mapa hipsométrico da ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Do ponto de vista geológico e geomorfológico, a área é caracterizada como um setor da planície litorânea situado no contato entre a pós-praia, campo de dunas e tabuleiros costeiros, com predomínio expressivo do campo de dunas. Do ponto de vista sedimentológico, a área possui predomínio de sedimentos arenosos quaternários, típicos de ambientes cuja gênese está associada à ação eólica. Na área da comunidade do Cristo Redentor, a morfologia da área é marcada por um contato abrupto entre o campo de dunas e a faixa de praia (Figura 14). Nas áreas do Pirambu e da Barra do Ceará, o contato se dá através de um pequeno setor de superfície de deflação entre os campos de dunas e a faixa de praia, constituindo topografias mais planas intensamente ocupadas.

Figura 14 – Contato abrupto entre duna e faixa de praia na ZEIS Pirambu (Cristo Redentor)



Fonte: Autoria própria.

Na parte frontal da ZEIS Pirambu, os campos de dunas começam a ocorrer aproximadamente a partir da cota 8 metros, onde se constata as mais expressivas mudanças morfológicas entre superfícies mais planas e ambientes dunares.

O campo de dunas da ZEIS Pirambu apresenta uma disposição preferencial no sentido E-W, tendo em vista esse ser o sentido preferencial dos transportes eólicos do litoral cearense. A partir de pesquisas elaboradas por Claudino Sales (1993), tais dunas são do tipo barcanas. Apesar de se afirmar que os campos de dunas em questão configuravam-se originalmente como dunas móveis, é bastante complexo afirmar isso com certeza absoluta, tendo em vista a descaracterização da paisagem original associada à intensa ocupação. No entanto, a afirmação de que se trata de dunas móveis se baseia em fotografias antigas e em um

setor da Barra do Ceará onde ainda se encontra uma área de exposição de duna móvel (Morro do Santiago).

Em alguns setores do território Barra do Ceará, constata-se um contato suave entre a pós-praia (antigas superfícies de deflação) e os campos de dunas. Nesses casos, podem ser observados plantios de hortaliças nas margens da rua José Roberto Sales (Figura 15).

Figura 15 – Contato suave entre duna e pós-praia na ZEIS Pirambu (Barra do Ceará)



Fonte: Autoria própria.

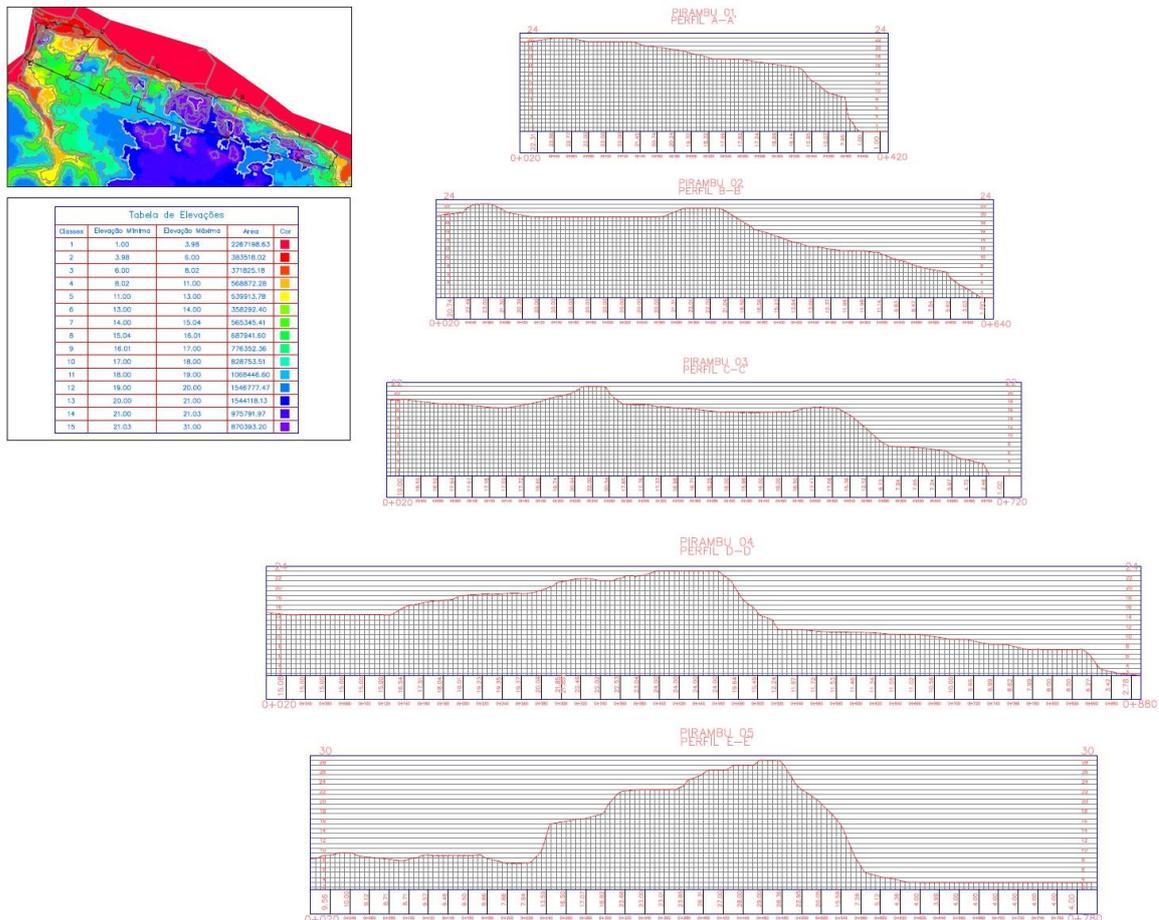
Na retaguarda dos campos de dunas, em cotas aproximadas de 14 metros, começam a ocorrer setores mais planos, com declives inferiores a 3° que podem ser caracterizados como tabuleiros pré-litorâneos. Tais superfícies tabulares predominam nas proximidades com a avenida Presidente Castelo Branco, com cotas que variam de 14 a 20 metros, porém, sem variações topográficas abruptas. Em alguns setores mal drenados desses tabuleiros, podem ocorrer áreas de alagamento e até mesmo ambiente lacustre, como é o caso da Lagoa do Mel, situada ao lado de um Ecoponto³ na avenida Presidente Castelo Branco e que teve parte de seu espelho d'água soterrado pela rodovia.

A análise da morfologia do perfil topográfico da ZEIS Pirambu, assim como a sua declividade, é fundamental para se identificar possíveis áreas de risco associadas com movimentos gravitacionais de massa e/ou áreas de alagamento e até mesmo setores suscetíveis à erosão costeira (Figura 16). Apesar de a ocupação antrópica ter descaracterizado a paisagem

³ Ecoponto é um espaço disponibilizado pela Prefeitura para o recebimento de resíduos sólidos que não podem ser descartados no lixo comum e não são recolhidos pela coleta, como resíduos da construção civil, móveis velhos, podas de árvores e outros materiais volumosos.

original, a topografia dunar ainda é perfeitamente perceptível, porém, com a dinâmica sedimentar natural comprometida pela fixação da duna associada à ocupação antrópica.

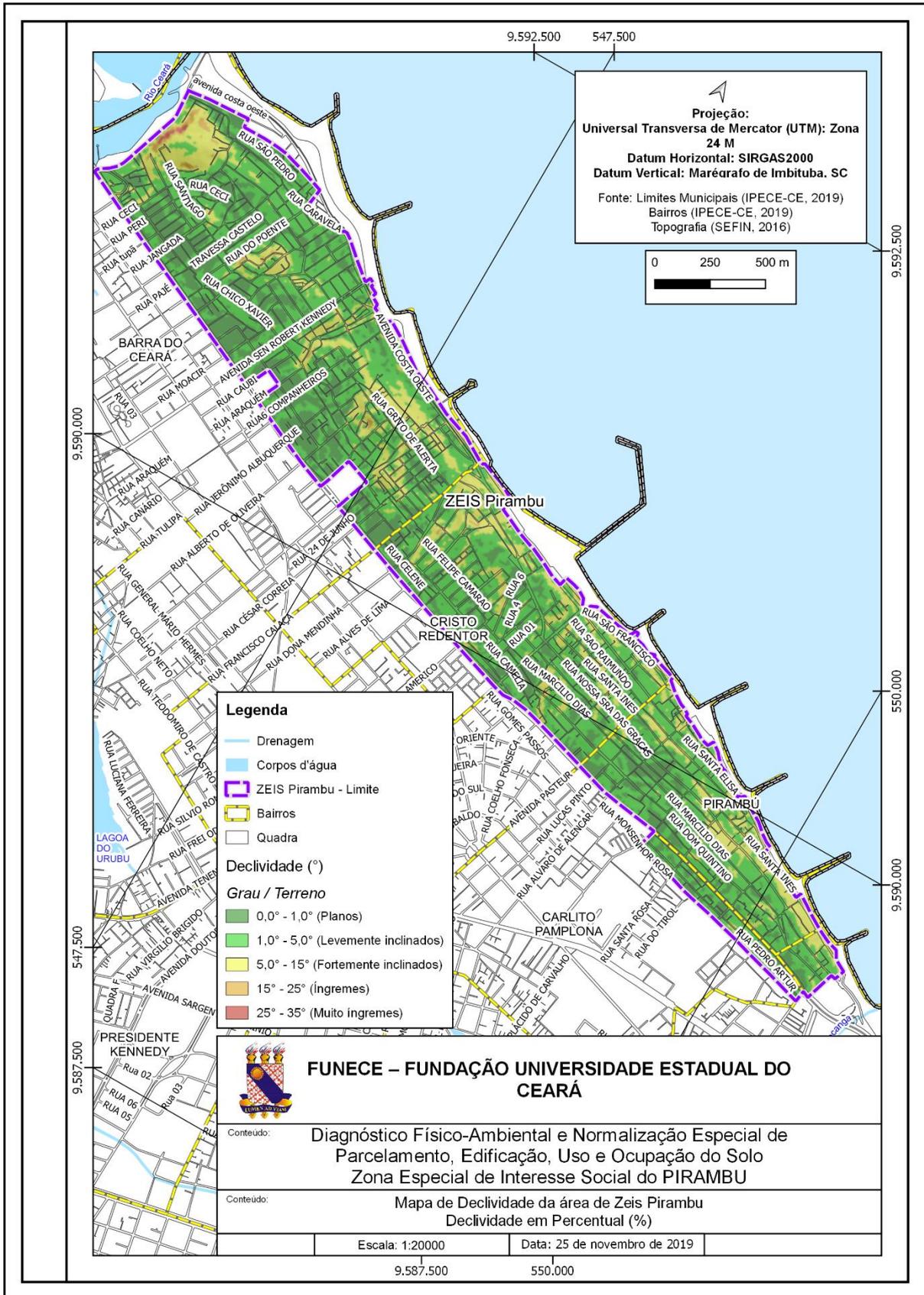
Figura 16 – Perfis topográficos do território da ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Em termos de declividade, na área ocorrem setores que variam de relevo plano a ondulado, com declives preferenciais girando em torno de 5° , podendo ocorrer setores com declives próximos de 25° , sobretudo na área da Barra do Ceará e alguns setores do Cristo Redentor (Figura 17). No setor do Cristo Redentor, a ocupação em dunas justifica ruas com declives acentuados (Figuras 18) e a formação de vales encaixados seguindo no sentido nordeste (frente de dunas).

Figura 17 – Mapa de Declividade da ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Figura 18 – Exemplos de ocupação no Cristo Redentor em terrenos com expressivos declives associados com o campo de dunas original



A: rua Monsenhor Hélio Campos (Cristo Redentor); B: casas construídas nas proximidades da rua Monsenhor Hélio Campos. Fonte: Elaboração própria.

Apesar de não se encontrarem dentro da área da ZEIS Pirambu, a faixa de praia e sua dinâmica devem ser analisadas no presente relatório devido à sua relação direta com a dinâmica da área de estudo. Assim como a dinâmica eólica, a instabilidade ecodinâmica da faixa de praia se deve também ao transporte de sedimentos, que nesse caso ocorre pela ação das marés.

No contexto do litoral cearense, o transporte de sedimentos ocorre preferencialmente no sentido E-W, seguindo o sentido dos ventos. Dessa forma, qualquer modificação no aporte de sedimentos ao longo da zona costeira acarretará impactos com erosão de praia em setores situados à jusante. No caso do litoral de Fortaleza, destaca-se a construção do Porto do Mucuripe como uma obra de grande impacto na dinâmica sedimentológica costeira, gerando engorda de praia à montante (bairro Serviluz) e erosão nas praias situadas à jusante, ou seja, no setor oeste de Fortaleza (da praia de Iracema à Barra do Ceará).

Na tentativa de amenizar os efeitos dessa intensa erosão costeira, foram construídas diversas estruturas de contenção de erosão na costa de Fortaleza. Só no setor do Pirambu, constata-se a presença de dez estruturas de proteção costeira, como espigões e quebramar (Figura 19). Os problemas de erosão de costeira na cidade de Fortaleza e adjacências já foram diagnosticados há décadas e constituem um importante desafio do poder público, tendo em vista a complexidade da dinâmica hidrosedimentológica envolvida nessa temática (MAIA, 1998; PAULA, 2012; PAULA, 2015).

Figura 19 – Estruturas de proteção costeira ineridas na Praia do Pirambu



A: quebramar situado na praia do Pirambu para formação de marina; B: espigões situados na praia do Pirambu.
Fonte: Elaboração própria.

Esse setor costeiro do Pirambu também é marcado pela expressiva presença de arenitos de praia (*beachrocks*) (Figura 20), que constituem arenitos carbonáticos que ajudam a conter a ação erosiva na zona costeira.

Figura 20 – Arenitos de praia no Pirambu



Fonte: Autoria própria.

Com relação à rede de drenagem, com a impermeabilização das dunas a partir das ocupações antrópicas, constatam-se alguns vales encaixados no sentido SW-NE, seguindo os declives dos campos de dunas em direção ao litoral (Figura 21). Tais vales podem condicionar fluxos hídricos efêmeros, mas de grande capacidade energética. De acordo com depoimentos

da comunidade, foram relatados acidentes com crianças e pessoas idosas em alguns desses fundos de vales durante as chuvas mais intensas. No caso da Barra do Ceará, constata-se a presença de um vale canalizado, inclusive fechado em sua parte superior (Figura 22).

Figura 21 – Fundo de vale no Cristo Redentor com Rede de drenagem canalizada na Barra do Ceará



Fonte: Autoria própria.

Figura 22 – Rede de drenagem canalizada na Barra do Ceará



Fonte: Autoria própria.

Como citado anteriormente, o município de Fortaleza apresenta totais pluviométricos anuais médios que giram em torno de 1.300 mm (IPECE, 2017). O principal

problema das chuvas locais reside na sua concentração temporal, tendo em vista que a maior parte das chuvas se concentra em um período de cerca de três a quatro meses por ano. Aliada a essa concentração temporal em meses, é importante destacar que são comuns eventos de chuvas extremas acima de 150 mm em um único evento pluviométrico.

Os eventos chuvosos extremos em Fortaleza possuem um recente histórico de registros, desde os meados da década de 1970, que apontam que a maior chuva já registrada, em termos de milímetro, foi em 29 janeiro de 2004, com 250,0 mm, seguidos pelos registros de 27 de março de 2012, com 197,5 mm, e 20 de março de 1988, com 189,0 mm (FORTALEZA..., 2012). Estes dados, coletados em diversos postos pluviométricos da capital cearense, podem ser observados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – *Ranking* dos eventos chuvosos extremos registrados no município de Fortaleza entre os anos 1977 e 2012

<i>Ranking</i>	Dia	(mm)
1º	29/01/2004	250.0
2º	27/03/2012	197.5
3º	20/03/1988	189.0
4º	29/01/2004	180.6
5º	07/03/2004	173.8
6º	29/01/2004	170.3
7º	02/06/1977	168.0
8º	07/03/2004	162.5
9º	24/04/1997	162.0
10º	21/03/1981	161.6

Fonte: Adaptado de Fortaleza... (2012).

A característica dos eventos chuvosos em Fortaleza pode justificar a presença de canais efêmeros na área da ZEIS Pirambu associados à topografia local e à impermeabilização do solo pela urbanização. Tal comportamento está diretamente associado ao momento da chuva, não se configurando como um curso d'água natural, tendo em vista que esse não é o comportamento natural de ambientes dunares. Esses eventos chuvosos mencionados podem desencadear movimentos gravitacionais de massa, sobretudo associados ao deslocamento de depósitos antropogênicos (aterro). No entanto, a partir de depoimentos da própria comunidade, não existem registros de eventos morfodinâmicos de maior gravidade e elevada capacidade energética.

Mesmo sem registros históricos de tais eventos, pode-se destacar duas áreas que merecem atenção especial com relação à possibilidade de ocorrência de movimentos de massa,

tendo em vista seus aspectos topográficos associados à ocupação. Essas áreas se localizam em algumas encostas do Cristo Redentor (proximidades da rua Monsenhor Hélio Campos) e na Barra do Ceará (Morro do Santiago).

Tendo em vista a impermeabilização das dunas a partir da ocupação antrópica, a dinâmica do ciclo hidrológico foi completamente descaracterizada, com diminuição da infiltração, que antes alimentava os aquíferos dunares, para um contexto de intensificação do escoamento superficial.

Do ponto de vista pedológico, originalmente, a área da ZEIS Pirambu era ocupada por solos arenosos típicos de ambientes dunares costeiros, com destaque para os Neossolos Quartzarênicos. Tratam-se de solos bem drenados, tendo em vista a elevada porosidade, com baixo potencial de nutrientes, dando a estes uma característica de solos distróficos. Atualmente esses solos encontram-se completamente descaracterizados pela ação antrópica, tendo em vista se tratar de uma área urbana consolidada.

Associado aos solos anteriormente mencionados, o ecossistema natural original era colonizado por uma vegetação típica de ambientes costeiros que pode ser classificada como complexo vegetacional litorâneo (SOUZA, 2000), genericamente designada como restinga com vegetação halófila-psamófila. Figueiredo (1997), que pesquisou as unidades fitoecológicas cearenses, classificou a vegetação da planície litorânea em: campo praiano; arbustal praiano; vegetação de dunas semifixas e móveis; e vegetação de dunas fixas. A presença ou a ausência de vegetação nas paisagens originais desses campos de dunas é uma informação muito complexa de se precisar, tendo em vista a intensa ocupação antrópica, o que torna também complicado classificar essas dunas originalmente como móveis ou fixas. No entanto, analisando o comportamento de outros campos de dunas em Fortaleza e região metropolitana, pode-se inferir que, na ZEIS Pirambu, predominavam dunas móveis, com possíveis ocorrências de coberturas vegetacionais isoladas.

4.2 Cartografia social

Nas oficinas de cartografia social realizadas na ZEIS Pirambu, integrantes do conselho gestor e demais moradores contribuíram com a caracterização da área por meio da descrição dos principais problemas ambientais que os afligem. Os participantes puderam identificar e apontar nos mapas os pontos críticos onde estes problemas ocorrem.

A seguir, estão descritas as principais informações fornecidas pelos participantes – a partir de suas percepções – acerca destes problemas ambientais na comunidade referentes a:

- a) abastecimento de água;
- b) gerenciamento de resíduos sólidos;
- c) coleta e tratamento de esgoto;
- d) drenagem de águas pluviais;
- e) infraestrutura;
- f) saúde ambiental.

O abastecimento de água da CAGECE é apontado como existente em grande parte da região, porém, existem moradores que optam por usar água provinda de poços profundos devido ao custo-benefício. A área onde foi relatada a falta de abastecimento de água fica localizada em uma duna no extremo leste, o que torna complicada as atividades diárias dos moradores locais.

Os moradores informaram que, no mês de agosto (2019), ocorreu falta do fornecimento de água devido à manutenção da CAGECE. Entretanto, a partir das respostas fornecidas, essas manutenções não parecem ocorrer de forma frequente o suficiente para suprir as necessidades de parte dos moradores. Seis meses antes, a água da CAGECE esteve imprópria para consumo; os moradores relacionaram esse problema às fortes e constantes chuvas no primeiro semestre de 2019.

Foi citado que moradores utilizam água de poços, porém essa água não é totalmente adequada para ser ingerida, pois precisa de algum tipo de tratamento antes de ser consumida. Alguns poços foram desativados pela CAGECE e há a existência de um poço na rua das Holandesas, que antigamente era um chafariz utilizado pelos moradores.

No que se concerne ao tema gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta de lixo ocorre com frequência, três vezes por semana. Porém, ela se mostra insuficiente ou ineficaz, visto o acúmulo de resíduos em diversas ruas e avenidas dentro do perímetro da ZEIS. Foram relatados pelos moradores focos de concentração de resíduos, entre esses estão a ruas Salema, Recanto e a rua Senador Robert Kennedy, a avenida Francisco Sá, na Vila do Mar, e no calçadão próximo à praia.

Alguns trechos são inacessíveis para a realização da coleta, o que faz os moradores terem de deixar o lixo em um local acessível ao caminhão da coleta. Foi relatado um Ecoponto atualmente em reforma na Vila do Mar, além de outros ativos que ficam distribuídos por todas as regiões delimitadas da ZEIS Pirambu.

Quanto à coleta e ao tratamento de esgoto, de acordo com uma antiga moradora, a escavação para a implementação de encanamento e tratamento de esgoto foi feita pela própria

população anos atrás, e que, por conta disso, somado ao contingente populacional da época ser bem menor do que é hoje, o encanamento é insuficiente e inadequado. Devido à falta de manutenção, a quantidade de alagamentos em períodos chuvosos é alta.

No que se concerne ao tema drenagem, durante o período de fortes chuvas, nas ruas com maior declividade, a água escoava de forma violenta, transportando resíduos sólidos para as galerias pluviais e provocando entupimento e consequentes alagamentos. A comunidade se queixa da falta de manutenção das galerias pluviais.

Sobre o tema Infraestrutura, foi relatado que há casas com piso afundando, devido principalmente às chuvas e aos alagamentos, mas que diminuiriam o número de casos desse tipo de problema. Para eles, as casas com rachaduras são consequência dos constantes alagamentos.

Questionados sobre as áreas de lazer da região, houve uma divergência de opiniões, o que é compreensível devido à grande extensão do perímetro da ZEIS Pirambu. Alguns moradores acham que existe uma boa quantidade de locais com essas características, outros acham que não são suficientes. Apontaram também a necessidade de melhoria na iluminação pública para as pessoas conseguirem transitar de forma mais segura.

Por fim, sobre o tema saúde ambiental, informaram que ratos, escorpiões e bichos-de-pé ocorrem por toda a região, sobretudo após períodos de chuva. Além disso, tem registros de casos de dengue, *chikungunya* e meningite.

Houve informações sobre áreas com poluição sonora; alguns residentes ultrapassam os limites referentes ao volume do som e da hora permitida por lei. Essa atitude incomoda os moradores e, segundo eles, as denúncias são ineficazes.

Sobre as áreas verdes na região, a comunidade acha necessário a implantação de mais árvores nas vias públicas e nas poucas praças e áreas de lazer.

Todas as informações espacializadas, que resultaram das oficinas participativas, podem ser consultadas no Apêndice A.

5 SANEAMENTO AMBIENTAL E LIMITAÇÕES DE USO DA ZEIS PIRAMBU

5.1 Saneamento ambiental

Saneamento ambiental é um termo forjado com o objetivo de reunir a compreensão das condições de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem urbana, gerenciamento de resíduos sólidos e demais características ambientais que possam modificar a qualidade da saúde ambiental, como o controle de vetores e reservatórios de doenças e o disciplinamento de uso e ocupação do solo (KRONEMBERGER *et al.*, 2011).

O Brasil, de modo geral, “apresenta grave deficiência na prestação de serviços de saneamento ambiental nas zonas urbanas e rurais” (GUERRA, 2001, p. 27), com destaque para a coleta de esgoto sanitário; em 2008, apenas 55% dos municípios brasileiros apresentavam esse serviço. Nos espaços urbanos, a deficiência dos serviços de saneamento se acentua em assentamentos precários, como é o caso das ZEIS, seja em função da ausência da oferta do serviço, seja pela não adesão da comunidade.

A cidade de Fortaleza, apesar dos significativos avanços na área do saneamento nas últimas décadas, ainda apresenta muitas deficiências e uma distribuição dos serviços espacialmente desigual, como mostrado na pesquisa de Bento (2011), que estudou as disparidades na infraestrutura de saneamento básico no município de Fortaleza. Os problemas socioambientais referentes à precariedade nos serviços de saneamento são mais evidentes nos bairros periféricos, em assentamentos precários e/ou áreas de risco.

A ZEIS Pirambu, apesar de ser muito extensa (281,83 hectares), apresenta uma cobertura significativa dos principais serviços de saneamento. Nas conversas com moradores e nos trabalhos de campo, foi possível perceber que os problemas são pontuais e se referem a questões como o abastecimento de água ineficiente ou a estrutura de coleta de esgoto mal dimensionada.

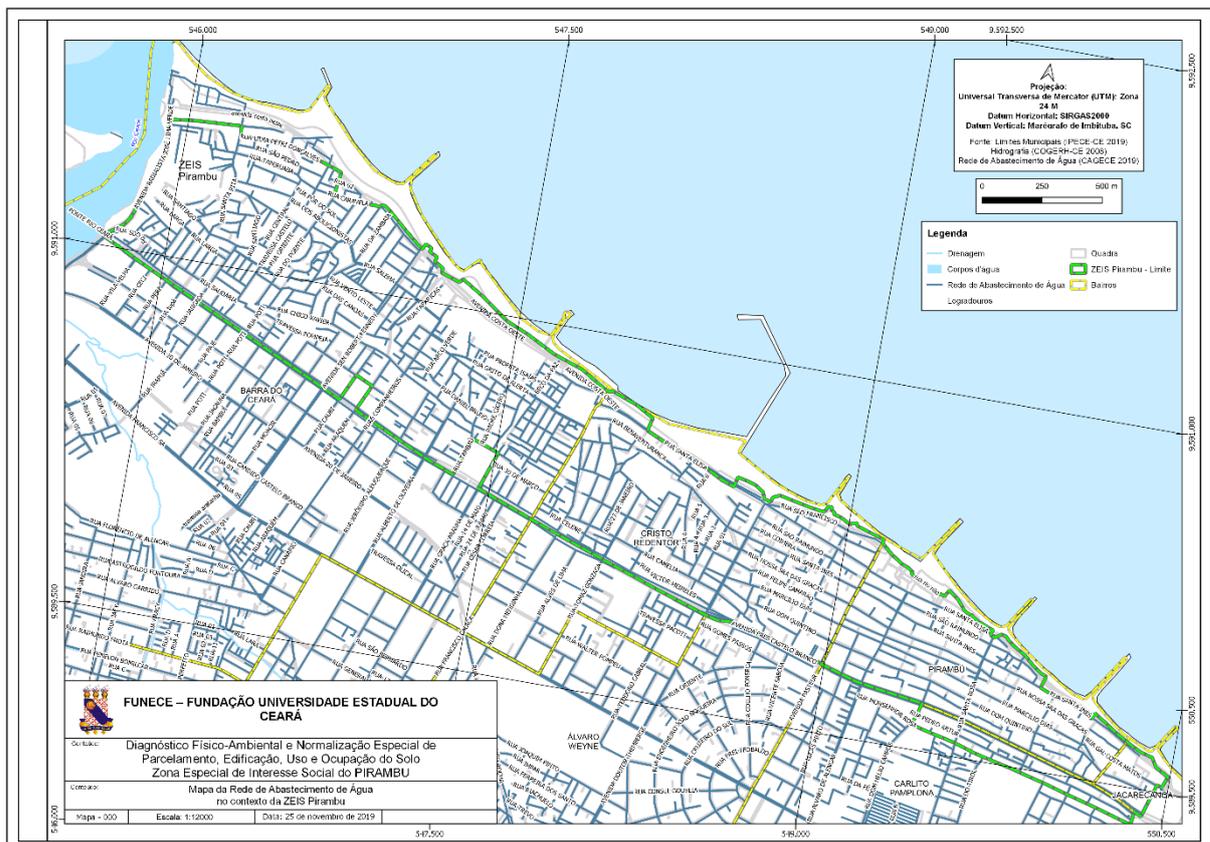
Assim, existem desafios para a melhoria do saneamento ambiental para a ZEIS Pirambu. Nos próximos tópicos, serão relatados os principais resultados da pesquisa de campo, das oficinas com os moradores e dos levantamentos bibliográficos pré-existent sobre a situação atual do saneamento ambiental. Destaca-se que uma das fontes de informação que subsidiou a compreensão do saneamento é representada pelas notícias de jornal que abordaram os problemas relacionados a esgotamento sanitário, alagamentos e doenças de veiculação hídrica.

5.1.1 Abastecimento de água e uso de água subterrânea

A ZEIS Pirambu conta com abastecimento de água pela rede geral, conforme pode ser visualizado na Figura 23. Apesar do amplo território, o serviço de abastecimento de água que é disponibilizado pela rede geral da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) está presente praticamente em todos os setores, quais sejam: a Barra do Ceará, o Cristo Redentor e o Pirambu. Contudo, nas oficinas, foi relatado pelos participantes que, na rua 06 (Cristo Redentor) e na área da Duna 1 (Barra do Ceará), a água chega com dificuldade devido à pressão insuficiente na tubulação. Esse problema deve acontecer em outros setores elevados da ZEIS, pois a ocupação do Grande Pirambu (denominação dada ao agrupamento dos bairros Pirambu, Cristo Redentor e Barra do Ceará) ocorreu sobre um campo de dunas, com desníveis topográficos acentuados.

Nos trabalhos de campo, os moradores relataram que, em várias travessas que ficam entre a Areninha do Cristo Redentor (rua Santa Elisa, 1500) e a avenida Pasteur, não existe abastecimento de água pela CAGECE. A partir da rua Álvaro de Alencar, as residências que bordejam o mar (sentido leste) também não possuem abastecimento de água.

Figura 23 – Rede geral de abastecimento de água na ZEIS Pirambu

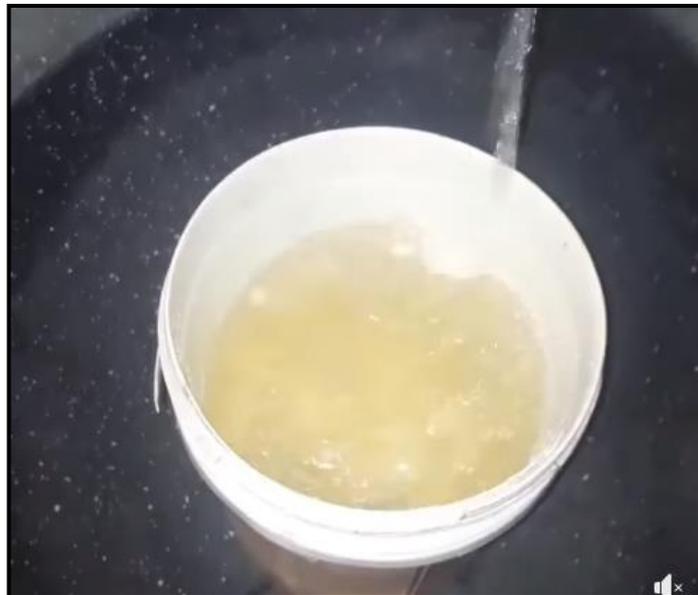


Fonte: Elaboração própria.

Em pesquisa realizada no *site* e na rede social da Pirambu News, verificou-se que o problema da má qualidade da água que chega até as casas pela rede geral é recorrente, como pode ser percebido na Figura 24 e na notícia de 16 de janeiro de 2019, transcrita abaixo:

Moradores da rua Pedro Artur no grande Pirambu reclamam da qualidade da água da CAGECE. Moradores da rua Pedro Artur, no Grande Pirambu, reclamam da coloração e do gosto da água que é fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, a CAGECE. Os consumidores dizem que a água está imprópria para o consumo e banho. A nossa equipe tentou entrar em contato com Companhia para dar explicações e por causa do horário não tivemos respostas. Isso está desde manhã e em todas as casas, finaliza morador (PIRAMBU NEWS, 16/01/2019).

Figura 24 – Aspecto da água de torneira na rua Pedro Artur na ZEIS Pirambu em janeiro de 2019



Fonte: Pirambu News (2019).

Logo após a notícia, um morador fez o seguinte comentário: “Isso não é de agora, faz anos que está assim, lógico agora a cor ficou bem mais forte. Faça aí um teste[,] coloque um pano branco na boca da torneira e a utilizem por uns 2 dias normalmente. O pano sairá vermelho de barro” (PIRAMBU NEWS, 2019).

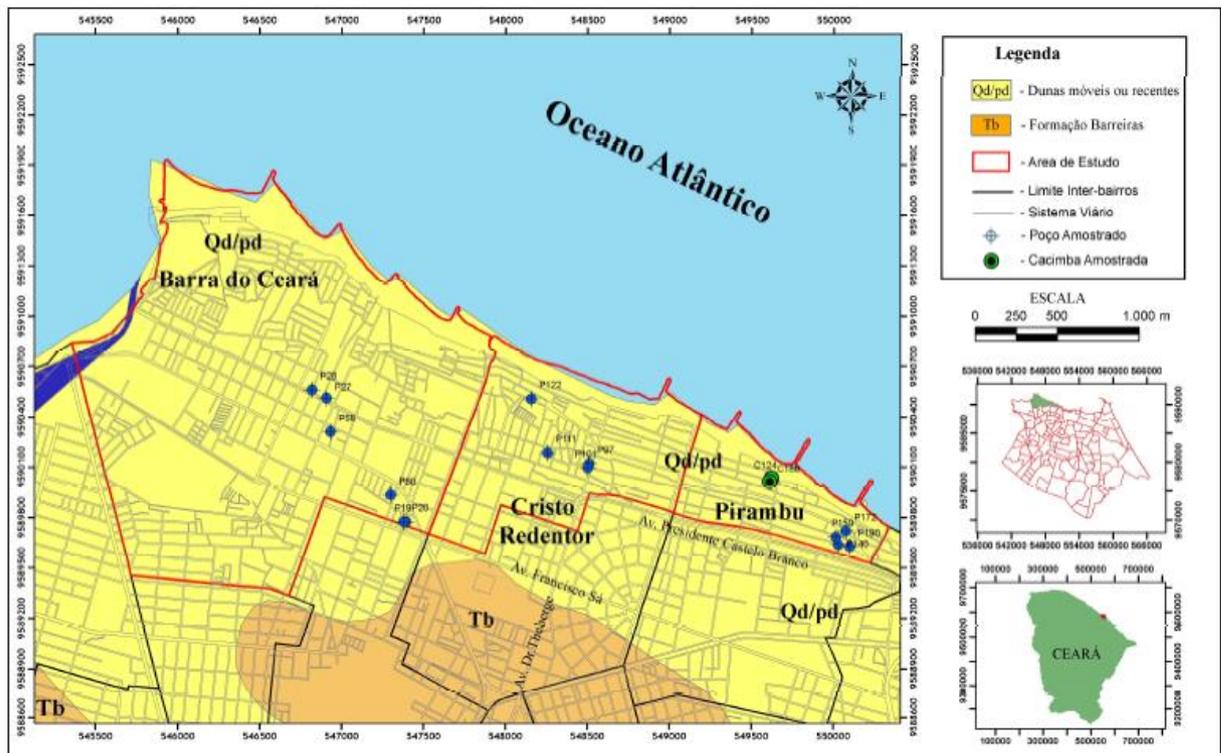
Também foi relatado que a água da CAGECE não é apreciada para o consumo humano devido à grande quantidade de cloro, o que deixa o sabor da água desagradável. Assim, os moradores procuram alternativas de água para o consumo, como a compra de água mineral ou adicionada de sais, ou o uso de água de poço que passa por processos simples de desinfecção, como o uso de filtros e/ou fervura. Portanto, verifica-se que, com relação ao abastecimento de água, existem muitas melhorias que precisam ser implementadas, como aumentar a abrangência da rede para atender a todos os moradores da ZEIS Pirambu; melhorar o abastecimento nos

locais mais elevados onde a água tem dificuldades para chegar até as torneiras devido à pressão insuficiente; monitorar e resolver o problema da qualidade da água.

Foi apontada a existência de poços para a captação de água subterrânea, que foram utilizados mais intensamente no passado quando a rede geral de abastecimento de água não estava presente. De acordo com Pereira *et al.* (2010), as profundidades médias dos poços (ativos e desativados) nos bairros da Barra do Ceará, Cristo Redentor e Pirambu são de 28,12m, 27,90m e 10,89m, respectivamente. O território da ZEIS Pirambu encontra-se na unidade geológica de maior potencialidade aquífera do estado do Ceará: dunas/paleodunas. Este sistema ambiental tem características de um aquífero livre, podendo funcionar como o aquífero principal e/ou de transferência, induzindo o potencial para os aquíferos sotopostos. Porém, assim como a água da chuva, os efluentes domésticos também apresentam facilidade para infiltrar e podem contaminar o aquífero com certa facilidade. Portanto, é fundamental que haja um monitoramento da qualidade da água subterrânea.

Na pesquisa de Pereira *et al.* (2009), foram realizadas análises bacteriológicas de 16 poços na grande área do Pirambu (Figura 25), sendo 14 poços tubulares e 2 escavados. Os resultados identificaram que em 5 poços havia a presença de coliformes termotolerantes, sendo 1 poço no Cristo Redentor e 4 no Pirambu. Um dado interessante da pesquisa é que foi verificada uma relação entre a contaminação e a profundidade do poço, de maneira que os poços contaminados tinham entre 3 e 12 metros de profundidade. Isso mostra que a qualidade da água é deteriorada especialmente na parte superior do lençol freático devido à interação da água com os efluentes domésticos que se infiltram no aquífero por meio das dunas.

Figura 25 – Poços avaliados por Pereira *et al.* (2010) na ZEIS Pirambu



Fonte: Pereira *et al.* (2009).

5.1.2 Esgotamento sanitário e drenagem urbana

A coleta de esgoto na ZEIS Pirambu é ofertada na maior parte do território (estima-se entre 75% e 90% de cobertura), exceto em alguns setores, como pode ser verificado na Figura 26. Como exemplo, podem-se destacar setores desassistidos pela coleta de esgoto: 1) na Barra do Ceará, as travessas Santiago, Ceci, Santana e Carol (setor da Duna 2) e as ruas Frota Cavalcanti e Mota Cambraia; 2) no Cristo Redentor, as travessas São Francisco e Cura D'ars; 3) no Pirambu, o setor entre a avenida Pasteur, a rua Rio Nilo e a rua Santa Elisa e trecho da rua Pedro Artur.

A maior parte da ZEIS Pirambu possui rede de coleta de esgoto integrada, associada à Bacia da Vertente Marítima que, por meio de 4 coletores tronco, envia os efluentes para a estação de pré-condicionamento e, depois, para o emissário submarino que conduz o material ao mar (FORTALEZA, 2014).

Figura 26 – Rede geral de coleta de esgoto na ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Nas oficinas de cartografia social, ficou evidente na fala dos participantes que a rede de coleta de esgoto, mesmo onde existe, costuma apresentar problemas de dimensionamento e falta de manutenção. Assim, os problemas referentes ao esgoto nos setores da Barra do Ceará, do Cristo Redentor e do Pirambu são um ponto em comum. Em alguns locais, o esgoto corre a céu aberto foi canalizado de forma precária pelos próprios moradores, como foi visualizado em campo em vários setores da ZEIS Pirambu (Figura 27).

Figura 27 – Problemas referentes ao esgoto na ZEIS Pirambu



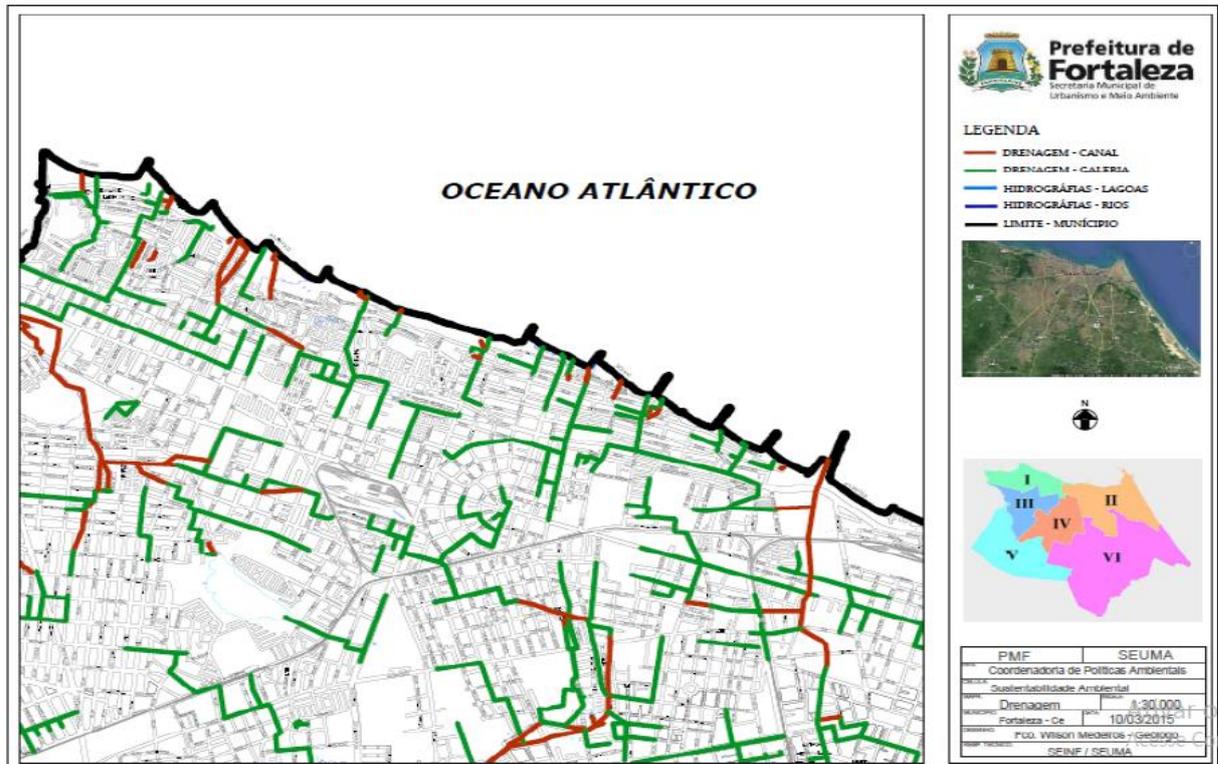
Barra do Ceará: A1) canal Seis Companheiros; A2) beco com esgoto correndo a céu aberto; A3) via asfaltada com esgoto correndo junto a calçada. Cristo Redentor: B1) beco com esgoto correndo a céu aberto; B2) esgoto correndo junto a calçada em rua asfaltada; B3) efluente sendo disposto na praia em frente ao Cristo Redentor, provavelmente uma galeria pluvial. Pirambu: C1) esgoto correndo em rua de terra; C2) esgoto e lixo sendo encaminhado a praia; C3) tubulação de esgoto exposta. Fonte: Elaboração própria.

A drenagem urbana existe no território da ZEIS Pirambu, entretanto, se mostra insuficiente, como pode ser verificado na Figura 28. Considerando a precipitação de Fortaleza, que chega a quase 1.300 mm por ano na média histórica, e o relevo irregular, com áreas elevadas e depressões intercaladas, característico de relevo de dunas, evidentemente a ZEIS Pirambu apresenta com frequência eventos de alagamentos pulverizados nos setores da Barra do Ceará, do Cristo Redentor e no Pirambu.

Durante as oficinas de cartografia social, os relatos dos moradores demonstram que os problemas de alagamentos são comuns aos territórios da ZEIS Pirambu. Durante o período de chuvas mais intensas, a água escoava de forma rápida pelas ruas, principalmente nas ruas com maior declividade, escoando diretamente para o setor do litoral e, assim, resíduos são levados pela força da água, prejudicando o funcionamento das galerias pluviais. A comunidade relatou a falta de manutenção das galerias pluviais e problemas em relação ao dimensionamento. No

Cristo Redentor, foram relatados pontos de alagamento importantes na rua Camélia com avenida Doutor Theberge e rua Camélia com rua Tomás Gonzaga.

Figura 28 – Rede de drenagem urbana (águas pluviais) existente na ZEIS Pirambu



Fonte: Fortaleza (2015).

Nos trabalhos de campo, foram identificados setores que somam problemas referentes a esgoto e drenagem urbana. No Conjunto Zenaide Magalhães, existe uma área de invasão com esgoto correndo a céu aberto e alagamentos periódicos no período de chuvas devido à drenagem urbana insuficiente. Existe uma estrutura para escoar o esgoto precária que foi construída pelos próprios moradores. Na rua 6 Companheiros, foi constatado pelo depoimento dos moradores que ocorrem alagamentos periódicos.

Na localidade Coqueiro, o esgoto costuma subir no período de chuvas devido a entupimentos e ocorrem nesse setor fortes alagamentos. No ponto da saída do canal 6 Companheiros, foi relatado que ocorrem inundações eventuais, dependendo da concentração das chuvas. Na rua Morro Branco com rua Zambaia, a rede de esgoto é insuficiente, o que resulta na circulação de esgoto a céu aberto, e a situação piora com as chuvas. Na travessa Pompéia, apesar de ter rede coletora de esgoto, é possível ver esgoto a céu aberto nas ruas. Ocorrem muitos alagamentos no período de chuva e a drenagem urbana não resolve o problema

devido a questões de dimensionamento, falta de manutenção e entupimento por lixo, que é disposto em ruas e calçadas.

5.1.3 Gerenciamento de resíduos sólidos

Na ZEIS Pirambu, é comum a existência de resíduos sólidos domiciliares, de construção e de demolição dispostos em alguns setores, em ruas e calçadas (Figura 29). Esse problema foi evidenciado tanto nas oficinas com a comunidade como nos trabalhos de campo.

Existe uma forte interrelação entre a drenagem urbana, o lixo disposto de forma inadequada nas ruas e os alagamentos que ocorrem sazonalmente em locais específicos da ZEIS Pirambu. Comumente a drenagem urbana é insuficiente para escoar as águas pluviais e ocorre o agravamento dessa condição com o entupimento das galerias pluviais (bocas de lobo) com o lixo que é arrastado das ruas nos eventos mais extremos de chuvas.

Figura 29 – Resíduos sólidos dispostos de forma inadequada na Barra do Ceará



Fonte: Elaboração própria.

Alguns trechos são inacessíveis para a realização da coleta de lixo, o que faz os moradores terem de deixar o lixo em um local onde é acessível. No entanto, a ZEIS Pirambu dispõe de Ecopontos para a coleta de materiais recicláveis (Figura 30).

Figura 30 – Ecopontos na ZEIS Pirambu



A: Cristo Redentor; B: Pirambu. Fonte: Elaboração própria.

5.1.4 Saúde ambiental e vetores de transmissão de doenças

No que se concerne ao tema saúde ambiental, foram produzidas perguntas aos membros participantes das oficinas na comunidade da ZEIS Pirambu pela atividade de cartografia social. As oficinas propiciaram uma melhor análise dessa temática, como também elencaram acontecimentos do cotidiano e deram voz aos moradores. Sobre esse tema, a comunidade relatou diversos problemas sobre doenças frequentes, circulação de animais, conforto térmico, ausência de arborização, poluição sonora e circulação de animais venenosos.

Segundo os moradores, a circulação de animais peçonhentos ocorre por toda a região. Quando ocorrem os períodos de chuva, somado aos alagamentos que ocorrem de forma frequente, é comum a circulação de ratos e escorpiões.

Houve informações sobre áreas com poluição sonora, de modo que alguns residentes ultrapassam os limites referentes ao volume do som e da hora permitida por lei. Essa atitude incomoda os moradores e, segundo eles, as denúncias são ineficazes.

5.1.5 Índice de cobertura vegetal

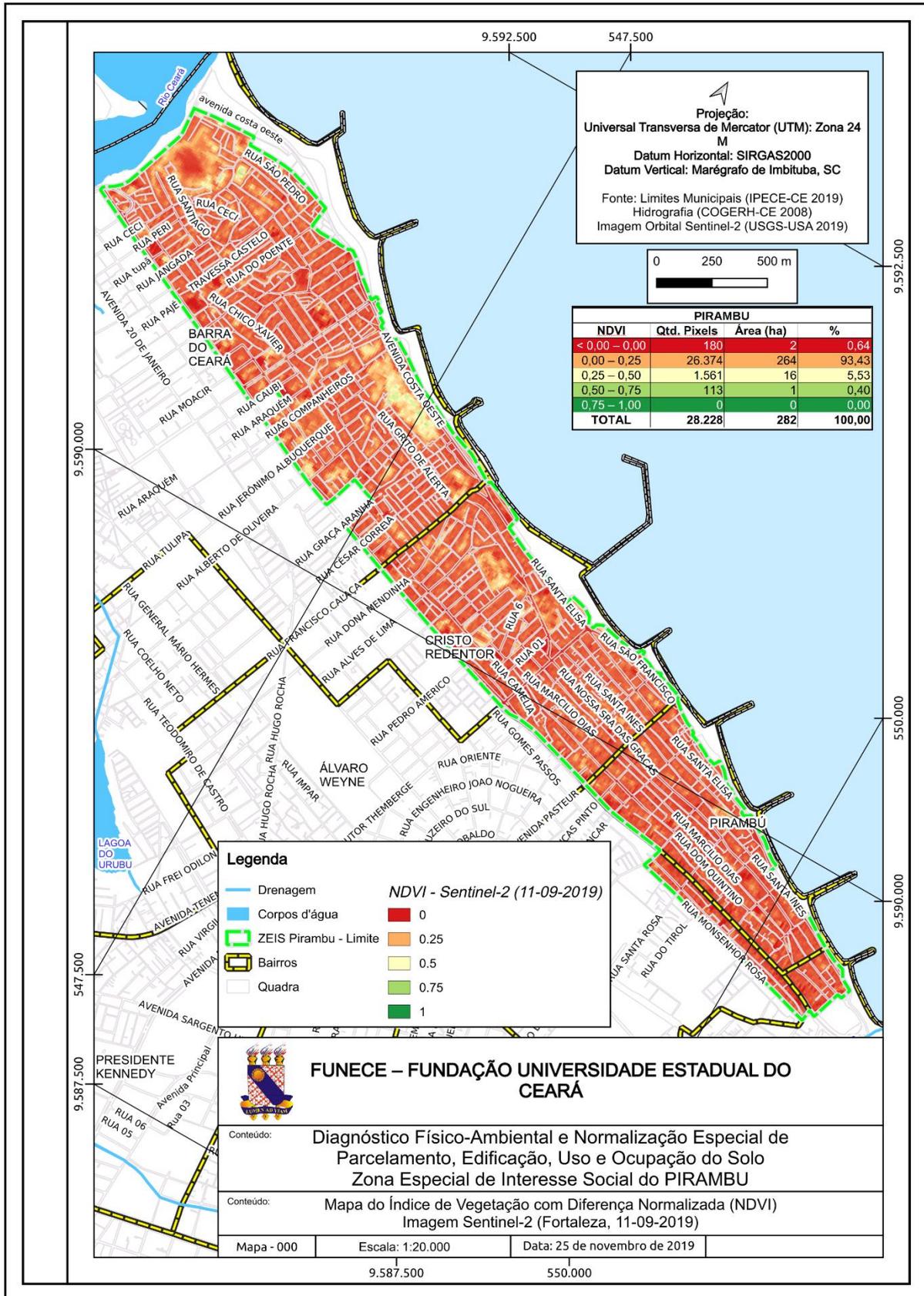
Um dos parâmetros mais discutidos em termos de desenvolvimentos sustentável de cidades no mundo todo é a cobertura vegetal. A vegetação melhora a qualidade do ar, promove um melhor conforto térmico, especialmente nas cidades tropicais, melhora a interceptação e a infiltração de águas das chuvas e serve de abrigo para aves.

Para a análise da cobertura vegetal existente na ZEIS Pirambu, foi aplicado o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que significa, em português, Índice de

Vegetação com Diferença Normalizada. A partir de imagens de satélite, usando o NDVI, é possível estimar a área de cobertura vegetal em ambientes rurais ou urbanos.

Os resultados para a ZEIS Pirambu mostram que a cobertura da terra apresenta pouca cobertura vegetal (Figura 31). Na Tabela 2, quanto mais próximo ao número 1, maior é a possibilidade de existir vegetação ao nível do solo. Quanto mais perto do zero, maior é a possibilidade de não existir vegetação ao nível do solo. De modo geral, em vias de uma interpretação, pode-se afirmar que, de 0 a 0,50, o NDVI indica a ausência de vegetação ao nível do solo. Assim, para a ZEIS Pirambu, foi verificado apenas 1 hectare com possibilidade de ter vegetação ao nível do solo. Cabe ressaltar que essa é uma verificação genérica e que admite um nível baixo de erro em função da resolução da imagem de satélite utilizada. Corroborando com os achados na análise por sensoriamento remoto, os próprios moradores relataram a inexistência de áreas verdes e que a vegetação só existe de forma espaçada.

Figura 31 – Mapa das classes do NDVI e sua distribuição na área da ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2 – Classes do NDVI e sua distribuição na área da ZEIS Pirambu

PIRAMBU			
NDVI	Qtd. Pixels	Área (ha)	%
< 0,00 – 0,00	180	2	0,64
0,00 – 0,25	26.374	264	93,43
0,25 – 0,50	1.561	16	5,53
0,50 – 0,75	113	1	0,40
0,75 – 1,00	0	0	0,00
TOTAL	28.228	282	100,00

Fonte: Elaboração própria.

5.2 Limitações de uso

5.2.1 Áreas de preservação permanente

Os principais exemplos de limitações legais de uso na ZEIS Pirambu são referentes às Áreas de Preservação Permanentes (APP), que são regulamentadas pelo Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012) e a Resolução CONAMA Nº 303/2002. Para efeito de definição, de acordo com a Lei Nº 12.651/2012, as APPs são compreendidas como

áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Tais áreas apresentam restrições quanto ao uso, que, por sua vez, só pode ser permitido em casos específicos de utilidade pública, interesse social e baixo impacto ambiental devidamente caracterizado e analisado pelo órgão ambiental competente, cuja função, no caso de Fortaleza, pode ser exercida pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) ou pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA).

Na área da ZEIS Pirambu, pode-se destacar que as principais categorias de APP existentes são referentes aos campos de dunas. A consideração de dunas como APP trata-se de uma discussão bastante complexa no âmbito jurídico nacional. Inicialmente, o Código Florestal, em sua edição de 1965 (Lei Nº 4.771/65), já considerava, como de preservação permanente, as restingas como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues. Naquela oportunidade, chegou-se à interpretação de que somente as dunas fixas seriam consideradas de preservação permanente, pois trata-se das únicas com vegetação. Essa interpretação continuou na atualização do Código Florestal de 2012 (Lei Nº 12.651/2012), que manteve a preservação das restingas como fixadoras de dunas.

As dunas móveis passaram a ser consideradas áreas de preservação permanentes com a publicação da Resolução CONAMA Nº 303/2002, que passou a considerar “duna” como APP, tendo apresentado, no escopo da resolução, a definição de duna. De acordo com a referida resolução, duna é definida como “unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de câmara ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação”.

Apesar de a publicação do Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012) ter sido realizada 10 anos após a Resolução CONAMA Nº 303/2002, não existe um consenso jurídico referente à revogação da referida resolução. O fato principal é que o Código Florestal atual não faz nenhuma menção à delimitação de APP em dunas móveis. Na verdade, esta norma nem sequer define ou menciona dunas móveis. No entanto, respeitando-se o princípio da precaução, considera-se a interpretação da consideração de dunas móveis como APP.

Mesmo com as incertezas relacionadas à delimitação de dunas móveis no Pirambu, pode-se constatar um pequeno setor de dunas móveis, localizada na Barra do Ceará, cujos sedimentos arenosos ainda se encontram expostos. Apesar dessa constatação, pode-se afirmar que a dinâmica sedimentológica dessa área encontra-se comprometida, tendo em vista se tratar de um setor circundado por intervenções urbanas.

Apesar das considerações jurídicas anteriormente apresentadas, é muito complicado afirmar precisamente se as dunas referentes à ZEIS Pirambu eram classificadas como móveis ou fixas, tendo em vista a intensa e antiga ocupação. Conforme dito anteriormente, provavelmente, a área em questão se tratava de um campo de dunas preferencialmente móveis, com alguns setores vegetados, sobretudo na retaguarda do campo.

As dunas fixas são interpretadas como áreas de preservação permanente desde o antigo Código Florestal (Lei Nº 4.771/1965) que fazia referência às restingas fixadoras de dunas. Apesar de não citar o termo “duna fixa”, sempre houve o consenso nos órgãos ambientais, a partir da interpretação dessa redação, de que as dunas fixas constituem APPs. A referida redação foi mantida no Código Florestal atual (Lei Nº 12.651/2012) e cabe destacar que a Resolução CONAMA Nº 303/2002 também faz menção a esse tipo de dunas, uma vez que abrange dunas com ou sem vegetação.

Ainda se tratando da questão de áreas protegidas, cabe destacar a existência de uma lagoa na ZEIS Pirambu, denominada Lagoa do Mel, que se encontra circundada por muros na margem da avenida Presidente Castelo Branco, próxima a um Ecoponto. O Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012) indica em seu artigo 4º que

Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas [...]:

- II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 - b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

De acordo com o § 4º do artigo 4º da Lei Nº 12.651/2012 “nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput”. Apesar de se tratar de uma lagoa natural, a Lagoa do Mel apresenta uma área de 0,082ha e não demanda delimitação de APP em sua faixa marginal. Cabe destacar que, mesmo não sendo considerada como APP de acordo com a explanação anterior, essa área é identificada como ZPA – 1, de acordo com o Plano Diretor de Fortaleza, conforme será apresentado posteriormente.

Além dos casos anteriormente apresentados, cabe destacar que no Pirambu também ocorrem fundos de vales com convergência de drenagem pluvial que podem inferir a necessidade de que sejam delimitadas APPs de margens de cursos d'água de acordo com o Código Florestal. No entanto, esses setores constituem drenagem de origem antrópica a partir da impermeabilização dos solos, tendo em vista que tal comportamento hídrico não é comum em campos de dunas naturais. Face ao exposto, entende-se que tais drenagens não são naturais e, além disso, apresentam caráter efêmero.

De acordo com artigo 8º da Lei 12.651/2012, “a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental”.

Em projetos de requalificação urbana de interesse social em núcleos urbanos informais, como no caso específico da ZEIS Pirambu, a regularização fundiária em áreas de preservação permanente será admitida por meio de um projeto aprovado em uma lei específica de regularização fundiária.

A norma Federal que trata de regularização fundiária é a Lei Nº 13.465/2017, que aborda tal temática tanto em áreas rurais como em áreas urbanas. No caso de áreas urbanas, a regularização fundiária urbana é denominada de “Reurb”, e a regularização fundiária urbana de interesse social é denominada “Reurb-S”.

De acordo com artigo 64 da Lei Nº 12.651/2012, na “Reurb-S dos núcleos urbanos informais que ocupam Áreas de Preservação Permanente, a regularização fundiária será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da lei específica de regularização fundiária urbana”.

Cabe destacar que esse projeto de regularização fundiária de interesse social deverá incluir estudo técnico que demonstre a melhoria das condições ambientais em relação à situação

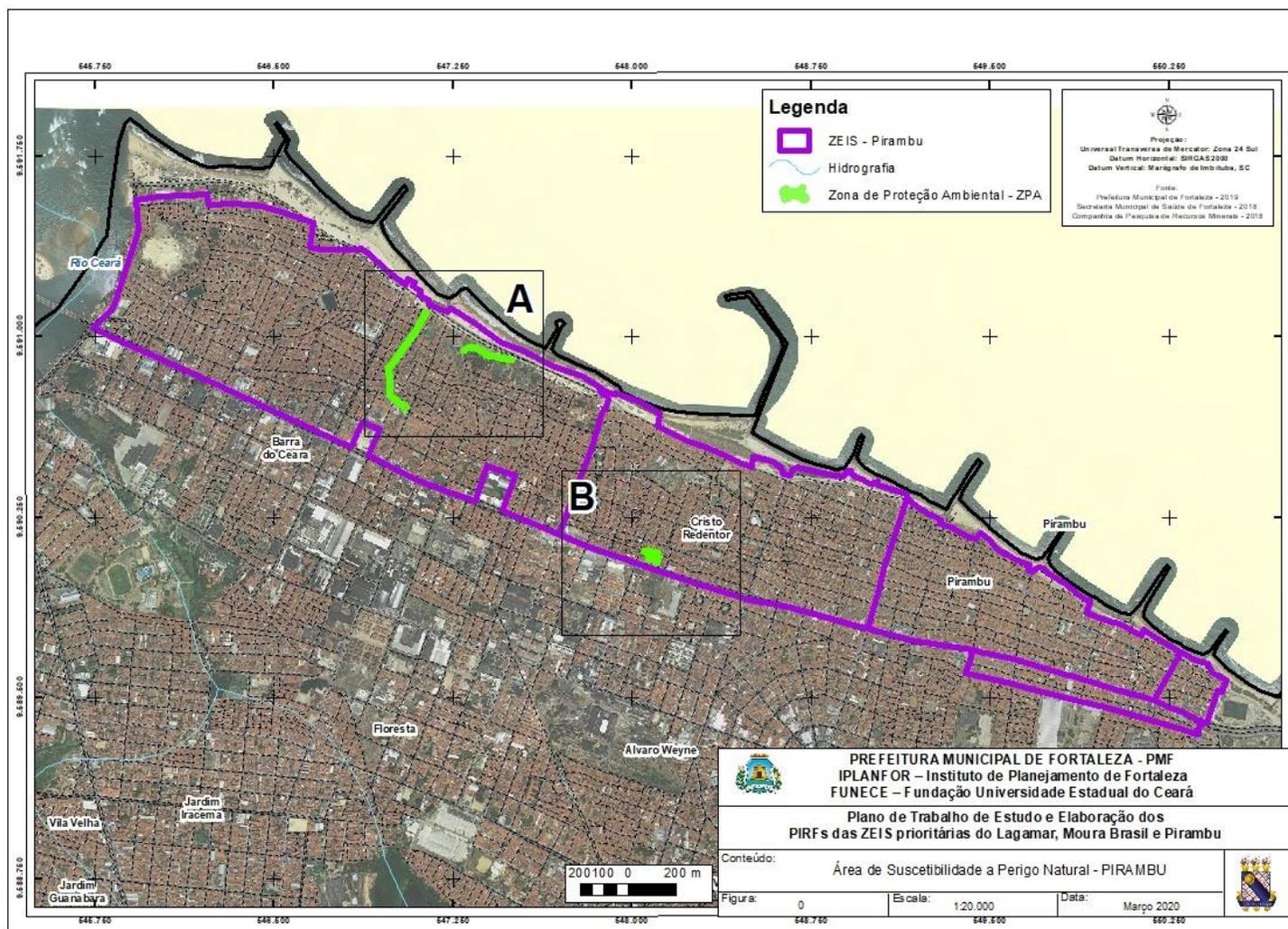
anterior (BRASIL, 2012) com a adoção das medidas nele preconizadas, contendo algumas informações como:

- a) caracterização da situação ambiental da área a ser regularizada;
- b) especificação dos sistemas de saneamento básico;
- c) proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações;
- d) recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;
- e) comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental, considerados o uso adequado dos recursos hídricos, a não ocupação das áreas de risco e a proteção das unidades de conservação, quando for o caso;
- f) comprovação da melhoria da habitabilidade dos moradores propiciada pela regularização proposta e garantia de acesso público às praias e aos corpos d'água.

De maneira a sintetizar a abordagem anteriormente apresentada, pode-se afirmar que, mesmo considerando que a ZEIS Pirambu se encontra em ambiente de dunas (APP de acordo com a Resolução CONAMA N° 303/2002), tal constatação não constitui limitação legal para a implementação de projeto de requalificação urbana de interesse social, conforme afirma o Código Florestal (Lei N° 12.651/2012).

Além das áreas de preservação permanentes anteriormente apresentadas, o território da ZEIS Pirambu também possui outras áreas com restrição ambiental de uso que são referentes à ZPA (Zonas de Preservação Ambiental), de acordo com o Plano Diretor Participativo de Fortaleza, regulamentado através da Lei Complementar nº62/2009 e alterado pela Lei Complementar nº 202/2015. A ZPA – 1 representa a faixa de preservação permanente dos recursos hídricos e pode ser observada nas Figuras 32, 33 e 34, no âmbito do Pirambu.

Figura 32 – Delimitação da ZPA – 1 no âmbito da ZEIS Pirambu



Fonte: Autoria própria com base no zoneamento do PDPFor.

Figura 33 – Delimitação da ZPA – 1 com maior detalhe nos setores da Barra do Ceará



Fonte: Autoria própria com base no zoneamento PDPFor.

Figura 34 – Delimitação da ZPA – 1 com maior detalhe na área da Lagoa do Mel



Fonte: Autoria própria com base no zoneamento PDPFor.

As 3 áreas de ZPA – 1 anteriormente apresentadas representam, respectivamente, um curso d'água canalizado (Canal Seis Companheiros), um terreno situado em uma antiga superfície de deflação com a presença de um pequeno curso d'água onde atualmente se desenvolvem práticas de horticultura (Projeto Quatro Varas), além de área de entorno da Lagoa do Mel, situada nas margens na Avenida Presidente Castelo Branco (Av. Leste-Oeste). Atualmente a área da Lagoa do Mel encontra-se requalificada podendo receber atividades artísticas e culturais e conta com quiosque de leitura, parque infantil e academia ao ar livre, com uma área de lazer de 3.498m².

5.2.2 Riscos para a ocupação

5.2.2.1 *Dinâmica de superfície*

O conhecimento dos aspectos geológico (permeabilidade e porosidade), geomorfológico e climático, em que se encontra a ZEIS Pirambu, é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica de superfície e, conseqüentemente da estabilidade do terreno, permitindo a ocupação ou a reestruturação da ocupação urbana, a partir da consideração das especificidades das formas e processos morfodinâmicos litorâneos.

O território da ZEIS Pirambu está inserido no domínio dos depósitos sedimentares cenozoicos, de acordo com a classificação morfoestrutural estabelecida por Souza (1988). Esse domínio é constituído pela exposição quaternária de areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosa, com tons amarelados, alaranjados e acinzentados, de composição quartzosas e/ou quartzo-feldspática (CPRM, 1995), representadas, nesse caso, por um campo de dunas que apresenta elevada permoporosidade, fator essencial que possibilita a recarga do lençol freático do aquífero, com águas pouco profundas.

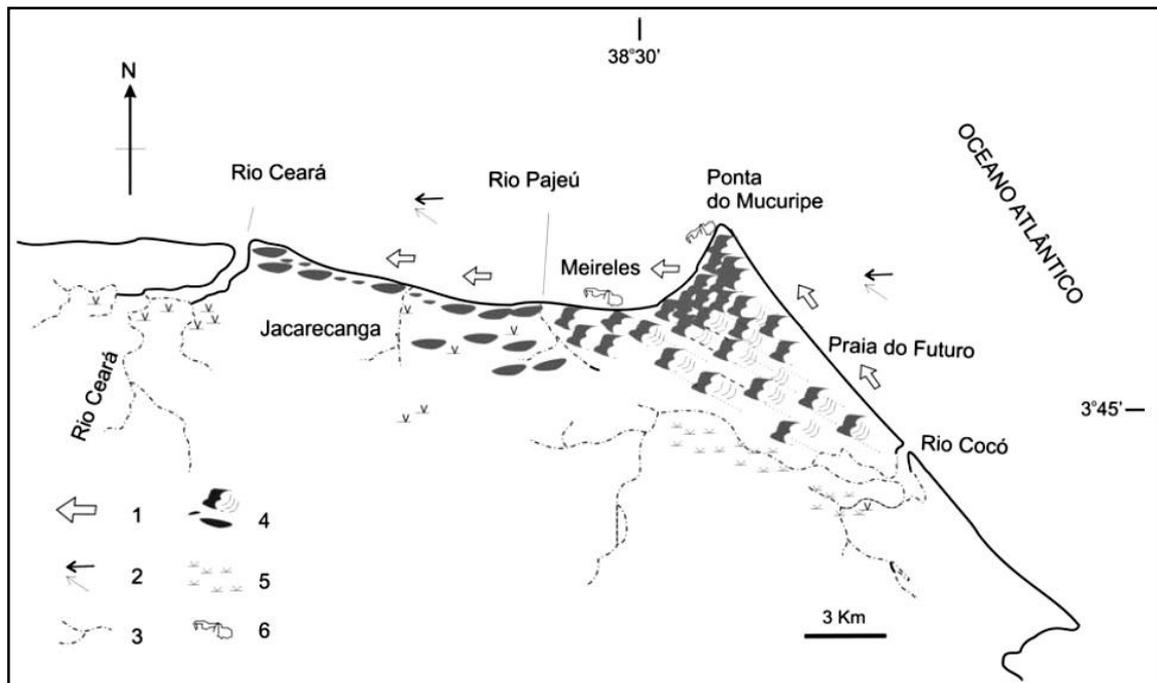
Sobre os fatores geomorfogenéticos atuantes na planície litorânea de Fortaleza, Santos (2016) ressalta que as correntes marinhas, as oscilações do nível do mar e marés, a arrebentação das ondas, a hidrologia de superfície e subterrânea, a ação dos agentes climáticos, sobretudo o vento, comandam os fluxos de matéria e energia que atuam na dinâmica costeira. A atuação desses fatores desencadeia processos geomorfogênicos que levam à formação de ambientes com fragilidade ambiental muito alta. Portanto, deve-se ressaltar o papel determinante das condições pluviométricas e eólicas na dinâmica da planície costeira, especificamente, em uma área dunar.

A esse respeito, Meireles, Silva e Thiers (2006) ressaltam que o regime de distribuição pluvial determina a estacionalidade da drenagem superficial e o reabastecimento dos aquíferos subterrâneos, influenciando no deslocamento, no acúmulo de sedimentos e nos processos de migração de partículas nos solos e camadas sedimentares. No entanto, esse processo está bastante afetado pelas intervenções socioeconômicas realizadas na planície costeira de Fortaleza, que interferem, de forma determinante, nos fluxos de matérias e energias que comandam a dinâmica ambiental litorânea.

Na ZEIS Pirambu, a dinâmica atual, inserida no contexto dos sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza, é caracterizada pela ocorrência de precipitações elevadas, como já detalhado no item 3.2.1.2 a partir dos dados da FUNCEME (postos pluviométricos de Aquiraz, Castelão, Caucaia, Eusébio, Messejana e Pici) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (estação automática Fortaleza – A305).

Assim, de acordo com a média mensal histórica dos totais pluviométricos para Fortaleza (dados FUNCEME/INMET), verifica-se que a dinâmica de superfície e a estabilidade do terreno da ZEIS Pirambu estão diretamente relacionadas com a impermeabilização do campo de dunas, em decorrência do revestimento asfáltico e da ocupação desordenada do solo (número excessivo de unidades residenciais unifamiliar e multifamiliar, estabelecimentos comerciais de pequeno e médio porte, equipamentos comunitários e infraestruturas), que proporcionou o desenvolvimento de processos energéticos representados tanto pelo escoamento superficial quanto pela ação eólica, que, devido à proximidade da costa é mais intensa (principalmente no território da Barra do Ceará), responsável pela remoção dos sedimentos inconsolidados, que compõem a planície litorânea (Figura 32).

Figura 35 – Representação dos campos de dunas de Fortaleza, localizados entre os rios Cocó e Ceará



Legenda: 1: acreção; 2: erosão; 3: remanescentes de dunas; 4: estruturas (molhes, quebra-mares).
 Fonte: Adaptado de Barbosa e Barbosa (2006).

Quanto ao fluxo eólico, no primeiro semestre do ano, dominam os alísios de NE, que se deslocam a velocidades de 4 m/s em média; no segundo semestre, com média de 7 m/s, reinam os alísios de SE (CLAUDINO SALES, 2007). Esses alísios interagem entre si e com as brisas marítimas e terrestres que se formam diariamente com direção paralela à linha da costa, produzindo uma direção final do vento largamente orientada para leste. Na ZEIS Pirambu, principalmente no território da Barra do Ceará, durante as marés baixas, os sedimentos na pequena faixa de praia ressecam e, assim, são transportados para o interior pelos ventos, acumulando-se no calçadão do Projeto Vila do Mar (Trecho I), na rua José Roberto Sales, obstruindo ruas, soterrando equipamentos urbanos e interferindo na drenagem pluvial (Figura 36).

Figura 36 – Disposição de areias sobre a rua José Roberto Sales, obstruindo equipamentos urbanos do Projeto Vila do Mar (trecho I)



Fonte: Elaboração própria.

O processo de ocupação do campo de dunas da ZEIS Pirambu pelo arruamento e, posteriormente, pelas construções foi fundamental para sua descaracterização morfológica e ambiental, que originalmente constituía a maior parte da planície litorânea de Fortaleza. Em alguns setores, como na Barra do Ceará, a urbanização é intensa, onde o campo de dunas móveis foi convertido em fixa ou semifixa, face a ocupação urbana. Estas alterações vêm desrespeitando a dinâmica natural da planície litorânea. Na Figura 37, notam-se as estruturas de pedra revestidas com tela (gabião), para conter o efeito da maré. Os processos sociais que se estabeleceram sobre os campos de dunas, em Fortaleza, conduziram a descaracterização da planície costeira (MEIRELES, 2008). Na Figura 38, observa-se a intensa ocupação na porção oeste de Fortaleza (Barra do Ceará), cobrindo o campo de dunas quase que integralmente, restando apenas um pequeno fragmento dunar próximo ao rio Ceará, mas completamente “ilhado” pelas construções de moradias, o que impede sua mobilização.

Figura 37 – Vista aérea parcial do processo de urbanização na Barra do Ceará e estruturas de contenção das marés



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2014).

Figura 38 – Vista aérea da Barra do Ceará e intensa ocupação no campo de dunas



Fonte: Abner Monteiro Nunes Cordeiro (2014).

Segundo Meirelles, Silva e Thiers (2006), o bloqueio do transporte dos sedimentos, iniciado pela expansão do arruamento e da urbanização das praias do Pirambu e Goiabeiras, impediu a reposição do material para o sistema dunar, suprimindo, permanentemente, o trânsito e o acesso de areia para as dunas, submetendo-as a processos intensos de deflação eólica, causando soterramento das vias de acesso e residências em virtude da intensa ocupação das margens desses corpos dunares.

A urbanização desenfreada que se deu no território da ZEIS Pirambu, através da construção de residências unifamiliares e multifamiliares, além de estabelecimentos públicos e privados, acarretou uma intensa impermeabilização do solo e conseqüente escoamento superficial que não foi acompanhada por obras de infraestrutura, como a implantação de rede coletora de águas pluviais para os totais pluviométricos da área, agravando, assim, os problemas de saneamento ambiental, gerando insegurança à população, principalmente, nos períodos chuvosos. No entanto, esse território ainda apresenta áreas que são recorrentes do ponto de vista urbanístico (falta de pavimentação, drenagem, esgotamento sanitário e de espaços de lazer) e habitacional (falta de banheiro), como nas comunidades Caldeirão, Cacimba dos Pombos (Pirambu) e Jambalaio (Figura 39). Na Figura 40, observa-se a falta de pavimentação e precariedade da rede de esgotamento sanitário.

Figura 39 – Comunidade Jambalaio (Cristo Redentor)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 40 – Comunidade Caldeirão (Pirambu)



Fonte: Elaboração própria.

A impermeabilização da superfície reduziu a capacidade de infiltração hídrica, que poderia ser absorvida pelo solo e, em grande parte do território da ZEIS Pirambu, impediu totalmente a infiltração, potencializando, assim, a velocidade do escoamento superficial das águas, e, em alguns setores com pouca declividade e com sistema de drenagem urbana ineficiente, proporcionou pontos de alagamento e inundações. O Conjunto Zenaide Magalhães é uma das áreas do território da ZEIS Pirambu que apresenta esgoto a céu aberto e pontos de alagamento no período da quadra chuvosa, em função de drenagem urbana ineficiente (Figura 41). Com o elevado grau de impermeabilização do solo, o sistema de drenagem urbana, constituído pelos pavimentos das ruas, guias, sarjetas e bocas de lobo, perdeu a capacidade de suportar o elevado fluxo de escoamento das águas pluviais, durante eventos de maiores precipitações pluviométricas, proporcionando, neste caso específico, pontos de alagamento que afetam a vida de todos, com prejuízos sociais e econômicos.

Figura 41 – Conjunto Zenaide Magalhães



Fonte: Elaboração própria.

Durante a quadra chuvosa, entre fevereiro e maio, ocorrem pontos de inundações e alagamentos, principalmente, devido à escassez de áreas verdes e permeáveis, do excesso de concreto e asfalto, do acúmulo de resíduos sólidos nas galerias pluviais e da ocupação de antigas áreas de drenagem natural, como a Lagoa do Mel, no bairro Cristo Redentor, que tinha sido referência de localização do Campo de Concentração do Urubu, que serviu para abrigar os retirantes da seca de 1932, como forma de evitar que os flagelados se espalhassem pela capital. Hoje, a Lagoa do Mel encontra-se canalizada para a passagem da avenida Presidente Castelo Branco, que a cortou ao meio (Figura 42).

Figura 42 – Resquílios da Lagoa do Mel (Cristo Redentor)



Fonte: Monteiro (2018).

De maneira geral, os impactos da urbanização mais perceptíveis no sistema de galerias de águas pluviais são os relacionados às alterações no escoamento superficial gerados pela intensa impermeabilização. Em áreas que sofreram intensa urbanização, após curtos e intensos períodos de chuva, observam-se pontos de alagamentos (BARBOSA; BARBOSA, 2006). Além do efeito da impermeabilização do solo, somam-se as baixas declividades nas áreas próximas a avenida Presidente Castelo Branco, contribuindo ainda mais para os recorrentes pontos de alagamento durante a estação chuvosa.

A ocupação desordenada do solo da ZEIS Pirambu traz, além do problema da impermeabilização da superfície e da falta de sistema de drenagem urbana e de escoamento sanitário eficiente, o problema do acúmulo de resíduos sólidos, em algumas ruas ou no próprio calçadão na orla do Vila do Mar na ZEIS Pirambu, obstruindo o já precário sistema de drenagem, o que pode contribuir para o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, para o surgimento de novos pontos de alagamento, assim como para o desencadeamento de processos erosivos na encosta do campo de dunas (Figura 43).

Figura 43 – Exemplos de pontos de descarte de resíduos sólidos na ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Também vale lembrar que o Projeto Vila do Mar, que contempla a faixa de praia da ZEIS Pirambu, foi (Trecho I) e está (Trecho II) sendo implantado em ambiente de domínio das ondas e das marés e conseqüentemente da deriva litorânea. Portanto, está submetido a risco de erosão (abrasão marinha), podendo provocar o solapamento do calçadão.

Ao longo do litoral da ZEIS Pirambu, encontram-se muros de gabião e molhes de proteção (extensões que variam entre 110 a 270 metros) construídos com a finalidade de proteger o litoral e a Vila do Mar contra o ataque das ondas e proporcionar o acúmulo de sedimentos na porção leste de cada molhe (Figura 44).

Figura 44 – Muros de gabião e molhes de proteção instalados ao longo do litoral da ZEIS Pirambu



Fonte: Elaboração própria.

Portanto, diante do exposto, podemos afirmar que os processos antropogênicos sobre o campo de dunas, onde se encontra a ZEIS Pirambu, conduziram e ainda conduzem a descaracterização da paisagem dunar, interferindo significativamente nos processos naturais, desencadeando desequilíbrios ambientais emergentes, como inundações e alagamentos, frutos do aumento da impermeabilização do solo e da quantidade e velocidade do escoamento superficial.

5.2.2.2 Áreas de risco

No contexto da urbanização dos países periféricos, tem sido recorrente uma dinâmica de produção da cidade legal, capaz de excluir uma significativa parcela dos habitantes do espaço efetivamente urbanizado, gerando situações de ilegalidade, ausência de infraestrutura e consequente degradação ambiental. Nas cidades brasileiras, as características do quadro natural têm demonstrado capacidade de influenciar o padrão de diferenciação socioespacial urbano, ao permitir uma associação entre os espaços de exclusão urbana e aqueles de fragilidade ambiental (FREITAS, 2014).

No município de Fortaleza, as maiores concentrações de pobreza urbana próximas a bairros de alta renda estão em áreas de dunas ou ao longo das margens alagáveis dos cursos d'água, como pode ser observado na ZEIS Pirambu. Obviamente, não se trata de coincidência o fato de que condições de precariedade social e urbana coexistam com sistemas naturais de grande fragilidade ambiental (FREITAS, 2014).

O risco é uma percepção humana, um componente recorrente da sociedade moderna, sendo que o termo “risco” está frequentemente acompanhado de um adjetivo, que o qualifica e que o associa ao cotidiano da sociedade: risco ambiental, risco tecnológico, risco social, risco biológico, risco econômico, dentre outros (ALMEIDA, 2010; CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005). A palavra “risco” designa, ao mesmo tempo, tanto um perigo potencial quanto sua percepção e indica uma situação percebida como perigosa na qual se está ou cujos efeitos podem ser sentidos (VEYRET, 2007).

Para Almeida (2010), risco é a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são em função da vulnerabilidade intrínseca desse indivíduo ou grupo. De forma geral, o conceito de risco pode ser tomado como categoria de análise associada às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízo a materiais e humanos, atrelados não só a processos naturais, mas também oriundos das atividades humanas.

Dentro da categoria de riscos ambientais/naturais, encaixam-se os riscos ambientais urbanos. Esses riscos, decorrentes do uso e da ocupação do solo urbano, são ocasionados principalmente por consequência da ocupação desordenada nas cidades. Sobre os riscos ambientais urbanos, Jacobi (2006) afirma que, para as metrópoles, a denominação “riscos ambientais urbanos” pode englobar uma variedade de acidentes, em dimensão diversificada, inclusive produzida socialmente.

Com a intensificação do processo de urbanização, a ZEIS Pirambu, que se desenvolveu sobre um campo de dunas móveis com encosta íngreme em direção às praias do Pirambu, Goiabeiras e Barra, ganhou novas feições e geometrias. As dunas que antes formavam extensos cordões foram impermeabilizadas por asfalto e concreto, dando lugar para construção de residências e estabelecimentos comerciais. A sua localização na planície costeira de Fortaleza, especificamente, em uma região dunar, já lhe confere um alto grau de vulnerabilidade à ocupação, considerando as relações de morfogênese e pedogênese. No entanto, essa situação é acentuada por conta da ineficiência da rede coletora de águas pluviais para os totais pluviométricos da área (Figura 45).

Figura 45 – Inexistência de sistema de drenagem urbana superficial na comunidade Cacimba dos Pombos



Fonte: Elaboração própria.

No território da ZEIS Pirambu, as áreas de riscos estão relacionadas, principalmente, à intensa impermeabilização do solo, à ausência de um sistema eficiente de drenagem urbano com dimensão que tenha capacidade para escoar a água precipitada. Tais riscos estão associados às intervenções que foram realizadas nas encostas do campo de dunas, e à declividade dessas, principalmente, no trecho compreendido entre os bairros Cristo Redentor e Barra do Ceará, onde as dunas apresentam maior desenvolvimento. Soma-se a isso o fato de grande parte das habitações ter sido construída pelos próprios moradores, assim como a instabilidade e a fragilidade do ambiente dunar, o que eleva o grau de risco dessas edificações frente a um eventual deslizamento de encostas (Figura 46).

Figura 46 – Corpo dunar densamente ocupado por habitações de baixo padrão tecnológico



Fonte: Elaboração própria.

Face ao exposto, as áreas com maiores declividades têm sua estabilidade comprometida pela presença de edificações de baixo padrão construtivo e sanitário, podendo justificar movimentos lentos de massa, que podem proporcionar o rompimento de galerias de drenagem e conseqüentemente a remoção do material inconsolidado que compõe o campo de dunas e o colapso de residências ou de estabelecimentos comerciais. Essa configuração pode ser observada principalmente em encostas situadas no Cristo Redentor, como no caso da Rua 5 de agosto (Figura 47).

Figura 47 – Topografia acidentada seguindo o campo de dunas na rua 5 de agosto (Cristo Redentor)



Fonte: Autoria própria.

No contexto da ZEIS Pirambu, a intensa dispersão do tecido urbano implicou mudanças no sistema ecológico e ambiental do campo de dunas. O quadro natural se transformou em ambiente construído, artificial. A transformação do sítio natural em sítio urbano significou a remoção da vegetação halófila-psamófila e sua substituição por asfalto, concreto e outros materiais. Assim, as mudanças nas descargas pluviais foram inevitáveis, significando graves conseqüências, representadas, principalmente, por pontos de alagamento nos setores onde o processo natural de controle pluvial não foi compensado pela construção de sistemas de drenagem urbanos adequados, constituindo-se assim as áreas de risco (Figura 48).

Figura 48 – Pontos de alagamento no Cristo Redentor



A: Rua Felipe Camarão; B: Rua Marcílio Dias. Fonte: Autoria própria.

Além da questão dos alagamentos citados, merecem destaque também os setores de fundos de vales situados na encosta setentrional do campo de dunas que permitem a convergência da drenagem pluvial, justificando fluxos efêmeros com expressiva capacidade energética, tendo em vista os declives, sobretudo, em eventos de chuvas extremas. Tais setores são representados por dois vales: um no Cristo Redentor e outro na Barra do Ceará. Nessas áreas, já se dispõe de depoimentos da população, indicando problemas alagamentos associados a esses fluxos (Figura 49).

Figura 49 – Fundo de vale no Cristo Redentor onde ocorrem alagamentos



A: Fundo de vale na Rua Monsenhor Hélio Campos; B: Travessa Salviano constituindo o fundo de vale com expressiva convergência de drenagem. Fonte: Elaboração própria.

Na porção Norte do território da ZEIS Pirambu, foi necessária a construção de uma série de obras de engenharia (espigões e gabiões) para contenção dos efeitos da abrasão marinha, proporcionados pelos movimentos diários de oscilação das marés, que comprometem as obras do Projeto Vila do Mar I e II, que contempla a instalação de calçadões, ciclovias, iluminação, drenagem, pavimentação e paisagismo da via, quadra esportiva e proteção da encosta do campo de dunas. A Figura 50 mostra algumas dessas intervenções.

Figura 50 – Estruturas de contenção em gabiões para estabilidade de encostas em processos erosivos



Fonte: Elaboração própria.

Como citado anteriormente, no território da ZEIS Pirambu, o NDVI apresenta baixa variabilidade espaço-temporal, com o predomínio de pontos com baixos valores ($< 0,50$), representando 98,96% da área da ZEIS Pirambu. As mudanças na fitomassa, com redução drástica da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo, facilitaram o aumento do escoamento das águas pluviais e a ocorrência de pontos de alagamento, principalmente onde a infraestrutura da drenagem pluvial não tem capacidade para escoar a água precipitada.

Portanto, no território da ZEIS Pirambu, verifica-se que o adensamento demográfico não foi acompanhado de melhorias nas condições de infraestrutura, tampouco de serviços que pudessem atender as necessidades essenciais da população. A ineficiência da rede de coleta e tratamento de esgotos e das galerias de águas pluviais, além da falta de áreas de lazer e de áreas verdes, são comuns nesse território.

6 PERIGOS NATURAIS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

6.1 Áreas suscetíveis a eventos naturais danosos (perigos naturais)

Os sistemas urbanos experimentam, frequentemente, a ação de eventos naturais externos que desafiam sua capacidade de resistência e resiliência. Por sua vez, a resistência e a resiliência dependerão da organização da infraestrutura construída, que deve estar preparada para mitigar os efeitos indesejados dos fenômenos naturais, como alagamentos, inundações, movimentos de massa, erosão, entre outros.

De acordo com o EM-DAT (2020), mantido pelo CRED (*Centre of Research on the Epidemiology of Disaster*), no Brasil, entre os anos 1900 e 2016, 60% dos eventos danosos ocorridos foram relativos a inundações, 15% relativos a deslizamentos, 10% a tempestades, 9% a seca e 6% relativos a doenças ou outros eventos naturais, como incêndios.

Considerando o padrão histórico de ocupação que se deu no Ceará, associado à ocupação de áreas de planícies fluviais, aluviais e leitos de rios, é de se assumir que, mesmo sofrendo com as médias pluviométricas da região semiárida, os eventos de inundação acabaram se tornando frequentes nas cidades mais desenvolvidas. Apenas no Ceará, de acordo com o *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais* (2013), foram registrados oficialmente, entre os anos de 1991 e 2012, 273 ocorrências de inundações excepcionais que ocasionaram desastres.

A cidade de Fortaleza apresenta uma superfície construída bastante heterogênea em termos de qualidade da infraestrutura urbana. Esta superfície está situada em um ambiente geológico sedimentar que é naturalmente submetido a uma pluviometria média de 1.300mm por ano (IPECE, 2017), com registros regulares de eventos de chuvas extremas (acima de 100mm em intervalos de 24h). As características naturais apresentadas promoveram, ao longo do tempo, uma rede de drenagem com rios, riachos e lagoas perenes e um aquífero poroso subterrâneo.

A Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) Pirambu, que se constitui como objeto desta análise, apresenta uma condição de ocupação precária, com uma infraestrutura de drenagem urbana deficiente, onde os eventos naturais ocorrem e provocam danos de diferentes níveis aos moradores. Cabe explicar que a maior parte dos perigos relacionados a eventos naturais está associada a eventos externos de precipitação que, com a impermeabilização da superfície e a infraestrutura de drenagem urbana deficiente, resulta em consequências negativas no âmbito social e econômico.

Nessa perspectiva de análise, é importante diferenciar conceitos relevantes como *risco* e *perigo*. Existe uma vasta literatura científica sobre o conceito de risco, que vem sendo usado em diferentes áreas do conhecimento, como a Economia, a Sociologia, a Geologia, a Geografia ou a Biologia. Essa diversidade de abordagens torna complexa a definição do que seja risco ou perigo. Por isso, é necessário balizar os autores que efetivamente abordam risco e perigo associados a eventos naturais em conjunto com as alterações implementadas pela sociedade nos diversos sistemas ambientais.

A noção de risco pode ser concebida como uma probabilidade à ocorrência de um evento, somado às possíveis consequências de ordem social, econômica ou ambiental. Nessa linha, UN-ISDR (2020) e Castro, Peixoto e Rio (2005) consideram que o risco é a combinação da probabilidade de um evento em que há exposição ao perigo e consequências negativas, como perdas e prejuízos humanos em função de processos de ordem natural, combinados com o contexto de alteração antrópica dos sistemas naturais.

É possível compreender o risco a partir de uma noção de tempo e de um determinado recorte espacial, em que os agentes ambientais, socioeconômicos e tecnológicos atuarão em sua especificação.

Marandola e Hogan (2005) conceituam risco como

uma situação, uma condição futura que traz a incerteza e insegurança. Assim existem regiões de risco e em risco (que podem apresentar problemas e já apresentam). Estar em risco é estar suscetível a ocorrência de um *hazard*⁴ (MARANDOLA; HOGAN, 2005, p. 46).

Segundo Veyret (2007), o risco pode ser definido como

a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse grupo ou indivíduo (VEYRET, 2007, p. 24).

Tominaga, Santoro e Amaral (2012) consideram dois elementos na formulação do risco: o perigo e a vulnerabilidade. Com isso, percebe-se que o perigo é um dos componentes do risco e pode ser definido como a possibilidade de ocorrência de um fenômeno com potencial de causar danos. Já a vulnerabilidade se refere ao grau de suscetibilidade de um determinado ambiente ou território ser atingido por danos sociais, econômicos e ambientais.

⁴ Perigo [tradução nossa].

White (1974) encontra um sentido explicativo para o termo *perigo*, ao indicar que se considere como

“uma interação entre pessoas e natureza governadas pelo estado de coexistência e ajuste do sistema de uso humano, o estado da natureza quanto a este sistema de uso humano, bem como quanto aos sistemas de eventos naturais”, categorizando o *Perigo* como “todo parâmetro da biosfera sujeito a flutuações estacionais, anuais ou seculares que afetam o homem em seu ajuste, magnitude, frequência, ação e extensão” (WHITE, 1974, p. 73).

Os perigos são, dessa forma, apenas aqueles eventos que estão em relação ou ocorrendo em áreas já ocupadas, gerando danos, perdas e colocando em perigo os habitantes dessas áreas, configuradas, pela relação com a habitação e possibilidade ou existência factual de um perigo, como áreas de risco. Nota-se, a partir desse descritivo, que os perigos não são necessariamente naturais, sendo essa nomenclatura – *natural* – muito mais ligada à origem geoambiental dos eventos de perigo. O perigo, assim, ocorre na interface da relação entre sociedade e natureza, sendo capaz de causar danos graves onde ocorra (ANEAS DE CASTRO, 2000).

Smith (2001, p. 392) define perigo como “uma ameaça potencial para as pessoas e seus bens, enquanto risco é a probabilidade da ocorrência de um perigo e de gerar perdas”.

Tominaga, Santoro e Amaral (2012, p. 151) estabeleceram as seguintes definições:

[...] perigo: Refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.

[...] vulnerabilidade: Conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteção de infraestrutura), como fatores humanos, tais como econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.

[...] risco: É a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$ (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012, p. 151).

Das definições apresentadas, o risco existe quando há um perigo com potencial de causar danos socioeconômicos. Dessa forma, é fundamental a espacialização dos perigos e riscos através de representações cartográficas, sobretudo nos projetos voltados para o planejamento ambiental. Com a facilidade no acesso às técnicas de geoprocessamento, as

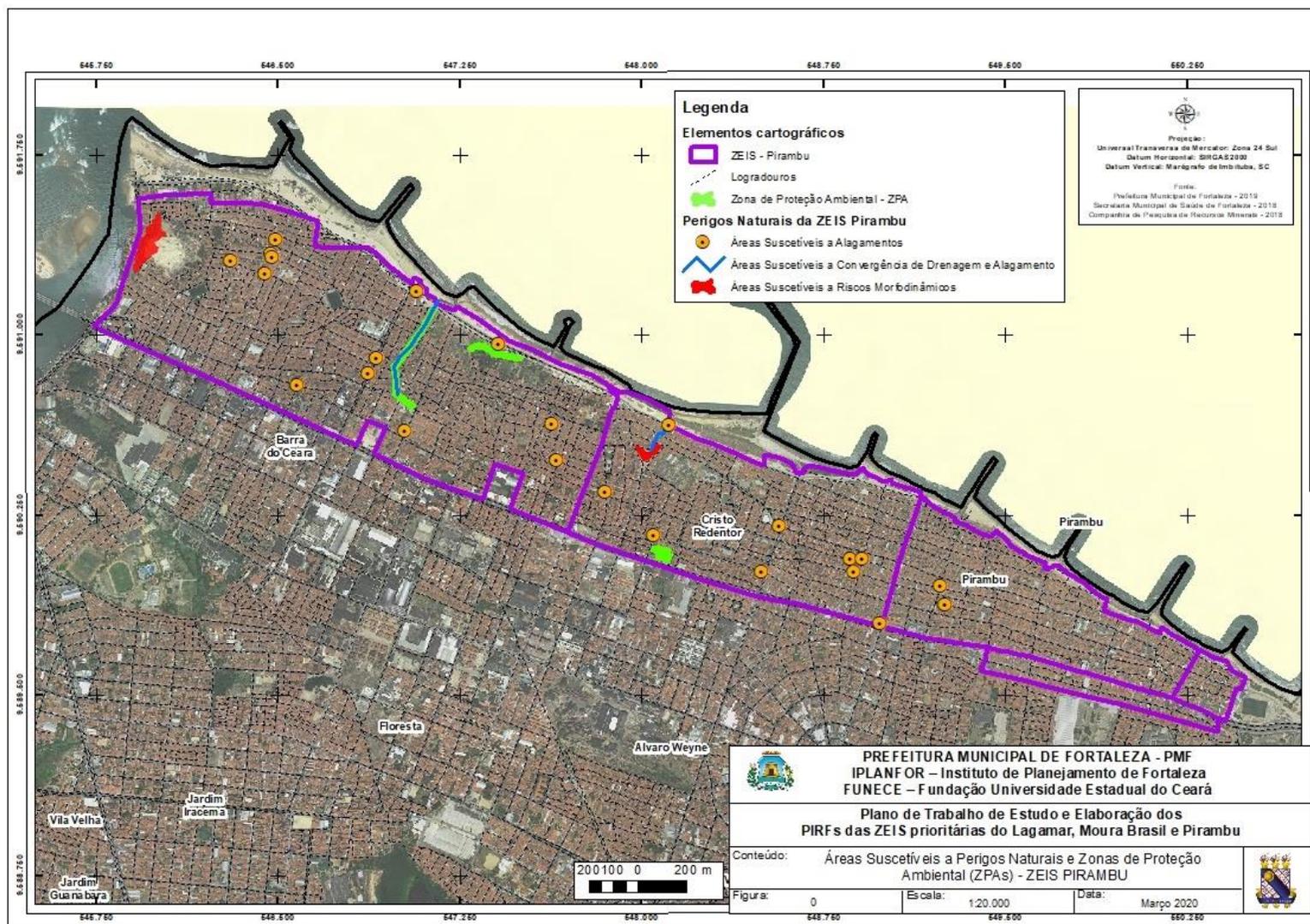
metodologias de mapeamentos de risco e perigo tiveram um grande desenvolvimento nas últimas décadas, contribuindo sobremaneira para implementação de políticas públicas voltadas para essa temática.

Do ponto de vista metodológico, optou-se neste trabalho por identificar e mapear os perigos existentes nos territórios das ZEIS Pirambu. No diagnóstico físico-ambiental, foi constatado que os principais perigos na referida ZEIS são referentes a eventos de inundações. A probabilidade de ocorrência desses perigos foi discutida e interpretada de forma qualitativa e quantitativa, considerando os registros históricos, as entrevistas e as oficinas realizadas com moradores, assim como a própria natureza dos perigos.

Optou-se por não abordar a questão da vulnerabilidade e, conseqüentemente os riscos, pois, devido às dificuldades em relação à escala de abordagem, seria muito difícil estabelecer a vulnerabilidade específica dentro do território da ZEIS. Contudo, sabe-se que, na escala do município de Fortaleza, as ZEIS são territórios que reúnem um conjunto de características que os tornam fortemente vulneráveis aos perigos, como ausência de planejamento da ocupação; estruturas construídas de baixa qualidade tecnológica; proximidade de áreas com intensa dinâmica natural como margem de rios e encostas; ineficiência dos sistemas de drenagem urbana etc.

Face ao exposto, a partir de interpretações feitas em observação em campo, revisões bibliográficas e com o uso de técnicas de geoprocessamento, chegou-se à elaboração da Figura 51, que apresenta as áreas suscetíveis à ocorrência de eventos naturais danosos (perigos naturais) para a ZEIS Pirambu. Cabe destacar que tais áreas foram previamente descritas neste diagnóstico e representam basicamente áreas de alagamento, fundos de vales com convergência efêmera de fluxos de elevada energia e encostas com suscetibilidade de ocorrência de eventos morfodinâmicos gravitacionais.

Figura 51 – Mapa de perigos naturais na ZEIS Pirambu



Fonte: Autoria própria.

6.2 Propostas de intervenção

O diagnóstico elaborado pelo Caderno Físico-ambiental possibilitou uma interpretação abrangente sobre os problemas oriundos do uso e da ocupação do solo na ZEIS Pirambu. A partir das informações geradas na fase de pesquisa e análise, foi possível estabelecer propostas de intervenção que deverão direcionar ações práticas a fim de melhorar a qualidade ambiental no território da ZEIS.

As propostas de intervenção têm por finalidade minimizar e/ou erradicar processos naturais perigosos identificados, por meio de obras de engenharia específicas, como construção de sistemas de drenagem, ou de ações de educação ambiental. De forma objetiva, as propostas estão listadas a seguir por ordem de importância/prioridade.

- a) Monitoramento e manutenção da estrutura das residências situadas em setores de declives fortemente inclinados a íngremes (iguais ou superiores a 15°) no Cristo Redentor (rua Monsenhor Hélio Campos) e na Barra do Ceará (vertente ocidental do Morro do Santiago), de maneira a evitar danos estruturais relacionados a processos morfodinâmicos gravitacionais.
- b) Construção de escadas d'água (estruturas responsáveis por controlar e dissipar a energia das águas superficiais) nos fundos de vales em áreas com declividade acentuada, verificadas, especificamente, no território do Cristo Redentor, num beco perpendicular às ruas Monsenhor Hélio Campos e Bem Aventurança.
- c) Implantação de rede de drenagem devidamente dimensionada, de acordo com os materiais empregados e com as tipologias das soluções a serem adotadas conforme a situação, exigindo-se a captação, o direcionamento, o escoamento das águas superficiais e/ou a dissipação de energia, como nas áreas de convergência de drenagem situadas entre o Campo de Duna I e o Campo de Duna II. Destacam-se, entre estas obras, valas revestidas, canaletas, guias e sarjetas, escadas d'água, caixas de dissipação, dentre outras.
- d) Substituição das fossas sépticas em áreas de encostas dos campos de dunas e ligação das casas à rede de esgoto, de maneira a dar vazão à produção de esgoto local e evitando problemas associados à infiltração de água nas dunas que podem justificar instabilização morfodinâmica, além de contribuir com a poluição dos aquíferos.

- e) Manutenção das estruturas de contenção em gabiões no Morro Santiago, as quais, além de conter o movimento do campo de duna e os processos erosivos, viabilizam a drenagem de subsuperfície.
- f) Melhoramento do abastecimento de água na rua 06 (Cristo Redentor) e na área da Duna 1 (Barra do Ceará), onde a água chega com dificuldade devido à pressão insuficiente na tubulação da rede geral da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).
- g) Construção da rede geral de abastecimento de água nas travessas que ficam entre a Areninha do Cristo Redentor (rua Santa Elisa, 1500) e a avenida Pasteur.
- h) Melhoramento da qualidade da água da rede geral de abastecimento, assim como o seu monitoramento regular, pois são muitos os relatos de que a água chega turva e com cheiro desagradável.
- i) Avaliação da possibilidade de reduzir a quantidade de cloro na água de abastecimento da CAGECE, sem que isso represente risco de contaminação, para que esta seja uma opção mais utilizada no consumo humano.
- j) Construção de rede de coleta de esgoto na Barra do Ceará (nas travessas Santiago, Ceci, Santana e Carol, setor da Duna 2 e as ruas Frota Cavalcanti e Mota Cambraia), no Cristo Redentor (nas travessas São Francisco e Cura D'ars), no Pirambu (no setor entre a avenida Pasteur, a rua Rio Nilo e a rua Santa Elisa e trecho da rua Pedro Artur⁵).
- k) Revisão do processo de acondicionamento de resíduos sólidos em toda a área da ZEIS Pirambu, pois percebe-se que os containers não são suficientes, bem como a implantação de um sistema de coleta apropriado para evitar o acúmulo a céu aberto. Uma sugestão é a ampliação do programa Gari Comunitário que possibilita a pessoas das próprias comunidades realizarem o trabalho de coleta em locais de difícil acesso e elevado risco.
- l) Orientação da população da ZEIS, por meio de oficinas de educação ambiental⁶, sobre os riscos de lançamento de resíduos sólidos e/ou entulho nas encostas dos campos de dunas, tendo em vista que estes comprometem o bom funcionamento da rede coletora de drenagem pluvial.

⁵ Consultar também as proposições do Plano Urbanístico referente às intervenções no âmbito do saneamento ambiental.

⁶ Consultar também as proposições do Caderno de Geração de Trabalho e Renda, pautadas em princípios de gestão ambiental.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Zonas Especiais de Interesse Social constituem áreas cujo planejamento urbano representa um grande desafio para o poder público municipal. Suas vulnerabilidades socioambientais associadas às características do meio físico natural, com possibilidade de eventos extremos, demandam estudos socioambientais detalhados, voltados para a tentativa de harmonizar as implicações das relações sociais com a natureza.

Tais estudos pressupõem uma análise multi e interdisciplinar, envolvendo profissionais das áreas de ciências humanas e da natureza, tentando interpretar o contexto socioambiental local, além de profissionais voltados para a área específica de requalificação urbana com metas direcionadas para otimizar e racionalizar o uso dos espaços públicos e privados.

Nessa perspectiva, o presente diagnóstico, junto com as suas proposições, representa uma etapa fundamental na elaboração de Plano Integrado de Regularização Fundiária-PIRF para a ZEIS Pirambu, tendo em vista a necessidade de se conhecer as potencialidades e as limitações do meio físico, de maneira a se propor a elaboração e a execução de políticas públicas de planejamento ambiental e ordenamento territorial, que pressupõem a qualidade e integração das variáveis sociais, econômicas, ambientais e institucionais.

Vale ressaltar que as propostas aqui apresentadas podem e devem ser articuladas com as proposições elaboradas pelos demais cadernos, principalmente com o Plano Urbanístico, assim como o Plano de Regularização Fundiária, Geração de Trabalho e Renda, Participação Comunitária e Desenvolvimento Social, que, assim como este, também visam atender às questões técnicas e às diversas necessidades relatadas pelos próprios moradores. Este esforço coletivo teve o intuito de gerar esta contribuição – de caráter interdisciplinar – para a melhoria da qualidade urbana e socioambiental da ZEIS Pirambu.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 19, p. 1-38, 1969.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 278f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2010.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.; MACHADO JÚNIOR, D. L.; DEHIRA, L. K. Magmatismo pós-paleozóico no Nordeste oriental do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 4, p. 451-462, 1988.

ALMEIDA FILHO, G. S. Em foco: controle e erosão. **Fundações e Obras Técnicas**, v. 5, n. 54, p. 72-83, 2015.

ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, n. 60, 2000. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>. Acesso em: 23 fev. 2020.

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

ARAÚJO, F. E.; ANJOS, R. S.; ROCHA-FILHO, G. B. Cartografia social: conceitos, métodos e aplicações. **Boletim Geográfico**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 128-140, 2017.

ATLAS brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. p. 104.

BARBOSA, A. E. M.; BARBOSA, L. M. Estágios de alteração do campo de dunas costeiras em Fortaleza, Ceará. *In*: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6., 2006, Goiânia. **Anais... Goiânia: SINAGEO**, 2006. p. 01-08.

BENTO, V. R. S. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico**. 2011. 173 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E.; VITA-FINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 14, p. 61-75, 2001.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivos UR. ICT**, n. 2, p. 1-14, 1964.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; HERRMANN, M. L. P. SANTOS, G. F. MENDONÇA, M. SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Editora UFSC, v. 3, 2007. 1436p.

BRANDÃO, R. L. **Sistema de informações para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR**. Diagnóstico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1995.

BRASIL. Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Legislação**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acesso em: 7 jan. 2020.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos em Geoprocessamento. *In*: ASSAD, E. D. **Sistema de Informações Geográficas**. Aplicações na agricultura. 2. ed., rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA; SPI/EMBRAPA; CPAC, 1998.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e Geografia: conceituação, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.

CEARÁ (Estado). Lei no 14.390, de 07 de julho de 2009. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação – SEUC. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, 9 jul. 2009. Série 3, ano 1, n. 125, p. 1.

CLAUDINO SALES, V. **Les littoraux du Ceará. Evolution geomorphologique de la zone côtière de l'État du Ceará, Brésil – du long terme au court terme**. 511p. Thèse de Doctorat, Université Paris Sorbonne, Paris, 2002.

CLAUDINO SALES, V. Os litorais cearenses. *In*: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, 480p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza. **Projeto SINFOR**: mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto explicativo: CPRM, 1995. 34 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM/Ministério das Minas e Energia, 2003. 1 CD-ROM.

DEMANGEOT, J. Essair sur le relief du nord-est Brésilien. **Annales de Géographie**, Paris, v. 372, p. 157-176, 1960.

DRESCH, J. Les problèmes géomorphologiques du nord-est Brésilien. **Bulletin de l'Association de Géographes Français**, Paris, v. 263/264, p. 4-59, 1957.

EM-DAT – The International Disaster Database. **Center for Research on the Epidemiology of Disasters**. Disponível em: <https://www.emdat.be/database>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ENGSAT, Engesat Imagens de Satélites e Geotecnologia. **LANDSAT 8**. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>. Acesso em: 25 nov. 2019.

FIGUEIREDO, M. A. **A Cobertura vegetal do Ceará** (Unidades Fitoecológicas) - Atlas do Ceará. Fortaleza: IPLANCE, 1997. 65p.

FORTALEZA (Prefeitura Municipal). Lei Complementar Nº 062, de 2 de fevereiro de 2009. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Ano LVI, n. 14.020, Fortaleza, 13 de março de 2009, p.1-520.

FORTALEZA (Prefeitura Municipal). Plano de gestão integrada da orla marítima do município de Fortaleza. **Projeto orla**. Fortaleza, 2006. 173p.

FORTALEZA (Prefeitura Municipal). **Plano municipal de saneamento básico**: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas do município de Fortaleza. Fortaleza: SEUMA, 2015. 232p.

FORTALEZA registra segunda maior chuva desde 1974, segundo fundação. **G1 CEARÁ**, Fortaleza, 27 mar. 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/03/fortaleza-registra-segunda-maior-chuva-desde-1974-segundo-fundacao.html>. Acesso em: 1 dez. 2019.

FREITAS, C. F. S. Ilegalidade e degradação em Fortaleza: os riscos do conflito entre a agenda urbana e ambiental brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 6, n. 1, p. 109-125, 2014.

FREITAS, L. C. L. **A qualidade do ar na região metropolitana de Fortaleza-CE sob a perspectiva do sistema clima urbano**. 2016. 195f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Base de dados pluviométricos**. Fortaleza: FUNCEME, 2019. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: 23 out. 2019.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza**. 2019. Disponível em: http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluviometricos. Acesso em: 22 jul. 2019.

GUERRA, A. E. Qualidade e eficiência dos serviços de saneamento. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 268p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=253096>. Acesso em: 21 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**: Fortaleza. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>. Acesso em: 12 dez. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal 2017 – Fortaleza**. Fortaleza: IPECE, Ano 1, 18 p., 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf. Acesso em: 27 nov. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Panorama socioeconômico das regiões metropolitanas cearenses**. Fortaleza: IPECE, n. 1, 40 p., 2018. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-metropolitano/>. Acesso em: 7 jan. 2020.

JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos na Região Metropolitana de São Paulo. **Revista VeraCidade**, v.1, n.1, 12p., 2006.

KRONEMBERGER, D. M. P.; PEREIRA, R. S.; FREITAS, E. A. V.; SCARCELLO, J. A.; CLEVELARIO JUNIOR, J. Saneamento e meio ambiente. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 268p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=253096>. Acesso em: 11 dez. 2019.

LIMA, J. S. Q. **Desastres ambientais nos assentamentos precários da cidade de Fortaleza-Ceará-Brasil**: riscos derivados da integração entre vulnerabilidade social e ameaças naturais. 2018. 193 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2018.

MABESOONE, J. M; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Boletim do Núcleo Nordeste, SBG**, Recife, v. 3, p. 5-36, 1975.

MAGALHÃES, G. B. **Comportamento espaço-temporal da dengue e sua relação com os elementos atmosféricos e socioeconômicos em Fortaleza/CE**. 2015. 265f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil)**: Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. 1998. Tesis (Doctoral). Facultat de Geologia – Departament d'Estratigrafia i Paleontologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1998.

MAIA, L. P.; GASTÃO, F. G. C.; TATUMI, S. H.; LACERDA, L. D. A utilização do método de luminescência opticamente estimulada para adaptação de sedimentos de dunas costeiras do nordeste setentrional do Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 2, p. 103-115, 2011.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MARTINS, P.; VIANA, T. Casas são interditadas por risco de desabamento e 21 famílias vão a abrigos em Fortaleza. **G1 CEARÁ**, Fortaleza, 31 jan. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/01/31/familias-vao-para-abrigos-apos-defesa-civil-interditar-16-casas-por-risco-de-desabamento-em-fortaleza.ghtml>. Acesso em: 02 fev. 2020.

MEIRELES, A. J. A. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície Costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense. **Confins**, v. 11, n. 2, 2008.

MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; THIERS, P. R. L. Os campos de dunas móveis: fundamentos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, n. 20, p. 101-119, 2006.

MEIRELES, A. J. A.; PEREIRA FILHO, N. S.; GORAYEB, A. Mapeamento e evolução morfodinâmica dos campos de dunas do Parque de Jericoacoara. *In*: CORREIA, L. J. A.; OLIVEIRA, V. P. V.; MAIA, J. A. (Orgs.). **Evolução das paisagens e ordenamento territorial de ambientes interioranos e litorâneos**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. p. 131-155.

MIZUSAKI, A. M. P., THOMAZ FILHO, A. O magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *In*: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Eds.). **Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 471-486.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos**. 2016. 256f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MONTEIRO, S. P. E. **Projeto Vila do Mar no grande Pirambu: avanços e retrocessos**. 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/36867>. Acesso em: 12 dez. 2019.

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. 318f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **Landsat Science**. Acesso em: 25 nov. 2019. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 480p.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. S. **Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo**. 2. ed. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 194, Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 31p.

PAIVA, J. P. M. **Clima e ambiente construído: o caso dos conjuntos habitacionais de Fortaleza/CE**. 2018. 273f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos: São Paulo, 2015.

PAULA, D. P. **Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade dos processos geogênicos e antropogênicos**. 335p. Tese (Doutorado em Ciências do Mar) – Universidade do Algarve, Portugal, 2012.

PAULA, D. P. Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): Um contributo para artificialização do litoral. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 9, n. 1, p. 73-86, 2015.

PEREIRA, S.; CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. C. R.; LEMOS, E. C. L.; ARAÚJO, K. V. Situação das obras de captação de águas subterrâneas nos bairros da Barra do Ceará, Cristo Redentor e Pirambu, município de Fortaleza-Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17, 2010. **Anais...** São Luiz, 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1184>. Acesso em: 29 nov. 2019.

PINHEIRO, M. V. A.; CLAUDINO-SALES, V. Evolução geomorfológica e análise das alterações ocorridas no campo de dunas de Fortaleza entre os anos de 1958 e 2003. In: Encontro Nacional da ANPEGE, 4., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANPEGE, 2009.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 211-234.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 188p.

SANTOS, J. M. PAULA, D. P. Processo histórico de ocupação do Morro Santa Terezinha, em Fortaleza: risco ambiental *versus* urbanização. **Geografia em Questão**, v. 11, n. 2, p. 41-62, 2018.

SCHUBERT, C. **Atlas eólico e solar do Ceará**. Fortaleza: ADECE/ FIEC/SEBRAE, 2019.

SMITH, K. **Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster**. 3. ed. Londres: Routledge, 2001. p. 392.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, v. 1, n. 1, p. 73-91, 1988.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 06-104.

SOUZA, M. J. N.; MENELEU NETO, J.; SANTOS, J. O.; GONDIM, M. S. **Diagnóstico geoambiental do município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo (PDPFor). Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 172p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012, p. 196.

UN-ISDR. **Terminology**: basic terms of disaster risk reduction. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/7817_7819isdrterminology11.pdf. Acesso em: 29 jan. 2020.

USGS, United States Geological Survey. **Landsat Missions, Landsat 8**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt->

science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con. Acesso em: 25 nov. 2019.

VANDOROS, P.; OLIVEIRA, M. A. F. Sobre o fonólito de Mecejana, Ceará. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, n. 2, p. 203-206, 1968.

VEYRET, Y. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. 320p.

VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.

VIOLÊNCIAS invisíveis: direitos básicos faltam onde a criminalidade é iminente. **Tribuna do Ceará**, Fortaleza, 18 out. 2017. Disponível em: <https://tribunadoceara.com.br/especiais/violencias-invisiveis>. Acesso em: 28 dez. 2019.

WHITE, G. F. (Ed.) **Natural Hazards**: local, national, global. Nova York: Oxford University Press, 1974. p. 288.

ZANELLA, M. E.; MELLO, N. G. S. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, o episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (Orgs.). **Litoral e sertão**: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 175-186.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza-CE. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 1, p. 53-68, 2009.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Impactos pluviais em Fortaleza - CE na perspectiva do sistema clima urbano – subsistema hidrometeorológico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 7, p. 2290-2300, 2016.