



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DAYANE DE SIQUEIRA GONÇALVES

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE DO BAIXO CURSO DO RIO
CEARÁ: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DE RIOS
URBANOS**

FORTALEZA

2016

DAYANE DE SIQUEIRA GONÇALVES

ANÁLISE DA FRAGILIDADE DO BAIXO CURSO DO RIO CEARÁ: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DE RIOS URBANOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia. Área de Concentração: Estudo Socioambiental da Zona Costeira.

Orientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G624a Gonçalves, Dayane de Siqueira.
Análise da fragilidade do baixo curso do Rio Ceará: uma contribuição para a gestão de rios urbanos /
Dayane de Siqueira Gonçalves. – 2016.
129 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Geografia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos.
Coorientação: Prof. Dr. Davis Pereira de Paula.
1. Fragilidade Ambiental. 2. Setores censitários. 3. Análise de água. 4. Análise integrada. 5. Baixo
curso do Rio Ceará. I. Título.

CDD 910

DAYANE DE SIQUEIRA GONÇALVES

ANÁLISE DA FRAGILIDADE DO BAIXO CURSO DO RIO CEARÁ: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DE RIOS URBANOS.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia. Área de Concentração: Estudo Socioambiental da Zona Costeira.

Aprovada em: 17/11/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Adryane Gorayeb
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross
Universidade de São Paulo (USP)

*Aos meus pais,
Maria de Lourdes e Francisco Carlos,
minhas fontes de amor e orgulho.
Por toda dedicação e sacrifício,
para vocês com todo meu amor.*

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento dessa dissertação só foi possível com o apoio coletivo, seja profissional, familiar ou de amigos, cujo suporte ajudou na minha vida acadêmica e pessoal. Deixo aqui meus agradecimentos a todos que direta ou indiretamente contribuíram a efetivação desse trabalho.

Agradeço de maneira especial meu orientador, o professor doutor Jader de Oliveira Santos, um profissional competente e um conselheiro sensato. Obrigado pelo apoio e incentivo nesses dois anos de trabalho.

Tenho muita gratidão a todo departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, em particular ao Programa de Pós-Graduação, todos professores e profissionais técnicos-administrativos. A toda turma do mestrado 2014.2 e aos amigos que fiz na pós-graduação, em especial ao Matheus Vieira, Camila Pereira e Mickaelle Braga, pelas divertidas conversas.

Sou grata ao professor doutor Davis Pereira de Paula, da Universidade Estadual do Ceará, pelas inestimáveis contribuições acadêmicas. Agradeço também aos professores Antônio Jeovah de Andrade Meireles, Edson Vicente da Silva e à professora Adryane Gorayeb, meus antigos orientadores em projetos de graduação, não somente pela contribuição acadêmica, mas por avivarem meu interesse em geografia ambiental.

Agradeço à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) por financiar o desenvolvimento da pesquisa e aos laboratórios onde foram realizadas as análises de água: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA). Grata em especial à professora Diolande Ferreira Gomes e à Karen Vendramini de Araújo do LGMA, pelas inestimáveis ajuda e orientação.

As minhas queridas amigas Thania Oliveira Carvalho, Yara da Luz Lima e Jessica de Sousa Monteiro, minhas irmãs de coração, que desde a graduação dividem comigo uma história de amor e cumplicidade. Agradeço em especial a Yara, pelo lindo trabalho de design da dissertação, pela paciência e pelos momentos inesquecíveis. Também aos meus amigos Gabriel e Ivina, cujo o tempo nunca conseguiu separar.

Sou muitíssima grata à minha família, em especial minha mãe e melhor amiga Lourdes, ao meu pai Carlos e meu irmão Dayan, fundamentais na minha vida. Palavras

não traduzem meu amor por vocês. Também às minhas madrinhas Rosenir e Ju, que são como mães para mim.

Enfim, a todos aqueles que encontrei nessa caminhada e que me ajudaram a progredir como profissional e como pessoa.

A todos meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O crescimento urbano brasileiro, observado nas últimas décadas, não vem sendo acompanhado por uma infraestrutura adequada, principalmente em áreas de maior fragilidade como margens de rios e lagoas. Essas áreas, muitas vezes, são ocupadas pela parcela mais carente da população que, sem alternativa habitacional, se encontra susceptível a desastres naturais, como inundações. Os rios são planícies naturalmente frágeis que, ao longo dos anos, tornaram-se alvos de uma série de atividades que comprometem a dinâmica ambiental desses sistemas, ocasionando profundas alterações nos fluxos de matéria e energia. O baixo curso do rio Ceará localiza-se na divisa dos municípios de Fortaleza e Caucaia, sendo o seu estuário uma Área de Proteção Ambiental devido a grande diversidade de seus recursos naturais. A pressão a que a área se encontra submetida gera uma série de impactos oriundos, dentre outros fatores, da ocupação desordenada e irregular das margens do rio e à pouca infraestrutura presente. Assim, o objetivo desse trabalho é buscar compreender a relação entre a fragilidade ambiental, a infraestrutura básica e a qualidade da água no baixo curso do Rio Ceará. As análises seguem a metodologia da fragilidade ambiental cujo princípio básico é definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais e/ou modificados pelas atividades humanas. No que concerne à análise de água, esta foi realizada através da verificação do Índice de Estado Trófico e dos níveis de Coliformes Termotolerantes presentes em pontos do rio. Já no que tange aos dados socioeconômicos, estes foram avaliados a partir da análise da situação da população que vive nas imediações do rio Ceará, através dos dados dos setores censitários coletados no Censo de 2010 realizado pelo IBGE. Portanto, o objetivo central dessa investigação é compreender o estado ambiental da área a partir da relação das três variantes mencionadas. Os resultados mostram que através da análise integrada da definição das unidades de fragilidade presentes na área, dos diagnósticos socioambientais e dos resultados das coletas de água, é possível ter uma maior compreensão da qualidade ambiental do baixo curso do rio Ceará.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental. Setores Censitários. Análise de Água. Análise Integrada. Baixo Curso do Rio Ceará.

ABSTRACT

The Brazilian urban growth observed in recent decades has not been accompanied by adequate infrastructure, especially in the most fragile areas such as river banks and ponds. These areas are often occupied by the poorest part of the population that without alternative housing, is susceptible to natural disasters like floods. The rivers are naturally fragile plains, over the years, have become targets of a series of activities that compromise the environmental dynamics of these systems, causing profound changes in matter and energy flows. The lower course of the Ceará River is located on the border of the cities of Fortaleza and Caucaia, and its estuary an Environmental Protection Area due to the great diversity of its natural resources. The pressure that the area is subjected generates a series of impacts from, among other factors, the disorganized and irregular occupation of the river and this little infrastructure. The objective of this work is to seek to understand the relationship between environmental fragility, basic infrastructure and water quality in the lower course of the Ceará River. The analysis follows the methodology of environmental fragility whose basic principle is to define the different levels of fragility of the natural environment and / or modified by human activities. Concerning the water analysis, this was accomplished by checking the Trophic State Index and fecal coliform levels present in the river points. Already in relation to socioeconomic data, these were evaluated from the analysis of the situation of the population living in the vicinity of Ceará River, through the data of census tracts collected in the 2010 Census conducted by IBGE. Therefore, the main objective of this research is to understand the environmental status of the area from the relationship of the three variants mentioned. The results show that through the integrated analysis of the definition of fragility units present in the area of social and environmental diagnostics and results of water sampling, it is possible to have a greater understanding of the environmental quality of the lower course of the Ceará River.

Key words: Environmental fragility. Census sectors. Water analysis. Integrated Analysis. Low Course Ceará River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização.	20
Figura 2: Fluxo da relação sociedade-natureza	29
Figura 3: Mapa de Localização dos pontos e coleta de água.....	46
Figura 4: Mapa de Declividade do Baixo Curso do Rio Ceará	52
Figura 5: Mapa Geomorfológico do Baixo Curso do Rio Ceará.....	55
Figura 6: Mapa de Vegetação do Baixo Curso do Rio Ceará.....	64
Figura 7– Faixa de praia em Caucaia, com presença de barracas.	71
Figura 8 – Ponte sobre o Rio Ceará.....	72
Figura 9 – Representação esquemática da dinâmica do fluxo sedimentar no baixo curso do Rio Ceará.	73
Figura 10 – Ocupação do campo de dunas no baixo curso do Rio Ceará, na comunidade do Morro de Santiago.	74
Figura 11: Ocupação irregular na margem do Rio Ceará.....	75
Figura 12: Imagem do Estuário do Rio Ceará	76
Figura 13: Bosque de mangue arbóreo da planície flúvio-marinha do Rio Ceará.	77
Figura 14: Atividade de pesca com rede no Rio Ceará.	78
Figura 15: Planície fluvial do Rio Maranguapinho.	79
Figura 16: Mapa dos Setores Censitários Analisados	86
Figura 17: Imagem de domicílios tipo casa no bairro Quintino Cunha.....	89
Figura 18: Tipos de Abastecimento de água por setor	90
Figura 19: Tipos de Esgotamento Sanitário por setor	93
Figura 20: Trecho do rio Ceará próximo ao primeiro ponto de coleta de água.....	94
Figura 21: Tipos de descarte de lixo por setor	96
Figura 22: Mapa de Fragilidade.....	101
Figura 23: Mapa IET para os locais de amostragem de água.....	105
Figura 24: Situação das casas próximas ao primeiro ponto de coleta.	106
Figura 25: Situação das casas próximas ao primeiro ponto de coleta.	107
Figura 26: Rio Maranguapinho no bairro Quintino Cunha, próximo ao segundo ponto de coleta.....	108
Figura 27: Tipologia das casas próximas ao terceiro ponto de coleta.	109
Figura 28: Local do terceiro ponto de coleta.....	110

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Variação de precipitação durante os anos de 1990 a 2015 segundo a estação meteorológica Campus do Pici.....	60
Gráfico 2: População total em cada setor e identificação segundo cor ou raça.....	88
Gráfico 3: Domicílios por setor que tem seus esgotamentos sanitários via rio, lago ou mar	92
Gráfico 4: Domicílios por setor que tem lixos despejados em rio, lago ou mar	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das unidades de fragilidade.	38
Tabela 2 - Matriz de Índice de Dissecação do Relevo (para escala 1: 1000.000).	39
Tabela 3 - Classificação das categorias morfométricas.	39
Tabela 4- Categorias Hierárquicas de declividade.	40
Tabela 5 - Graus de Proteção dos tipos de cobertura vegetal.	41
Tabela 6 - Classes de Fragilidade dos solos.	42
Tabela 7 - Classes de Fragilidade dos tipos de solos.	43
Tabela 8 - Classes de Fragilidade dos tipos de solos quanto ao grau de urbanização.	44
Tabela 9 - Classe de estado trófico e suas características principais.	49
Tabela 10 – Total mensal de precipitação, segundo a estação meteorológica Campus do Pici no período de 1990 a 2015 (mm).	59
Tabela 11: Códigos dos setores censitários utilizados.	85
Tabela 12: Dados relativos a Tábua de Marés e Precipitação dos dias de coletas.	102
Tabela 13: Número mais provável de coliformes termotolerantes/100 mL e pH do Rio Ceará.	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros de qualidade da água utilizados com suas respectivas metodologias.	47
Quadro 2 – Taxonomia do Relevo do baixo curso do Rio Ceará.	54
Quadro 3- Associação do compartimento geomorfológico, classes de solos e unidades fitoecológicas do baixo curso do Rio Ceará.	62
Quadro 4 - Síntese da compartimentação dos sistemas ambientais do baixo curso do Rio Ceará.	68
Quadro 5: Síntese da Fragilidade Ambiental.	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COGERH	Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Global Position System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	Índice de Estado Trófico
IPECE	Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará
IQA	Índice de Qualidade da Água
pH	Potencial hidrogeniônico
PMF	Prefeitura Municipal de Fortaleza
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transverso de Mercator
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	17
1.2	Localização da Área de Estudo	18
2	ANÁLISE SISTÊMICA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DE GEOGRAFIA FÍSICA	21
2.1	Geomorfologia como instrumento de síntese na análise ambiental	29
3	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS	33
3.1	Metodologia para construção do mapa geomorfológico	35
3.2	Metodologia da fragilidade ambiental	37
3.2	Metodologia de coleta e avaliação da qualidade da água	45
4	CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA EM ESTUDO	51
4.1	Geologia e Geomorfologia	53
4.2	Clima e Recursos hídricos	57
4.3	Solos, Vegetação e Fauna	61
4.4	Síntese Geoambiental do Baixo Curso do Rio Ceará	66
5	DIAGNÓSTICO DE OCUPAÇÃO DO BAIXO CURSO DO RIO CEARÁ	81
5.1	Histórico de uso e ocupação	81
5.2	Caracterização da infraestrutura e ocupação	83
6	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	98
6.1	Fragilidade Ambiental do baixo curso do Rio Ceará	98
6.2	Análise da relação entre os resultados de qualidade de água, infraestrutura básica e fragilidade ambiental.	102
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
	REFERÊNCIAS	114

1. INTRODUÇÃO

O estudo do meio geográfico permite analisar as modificações realizadas no meio físico natural pela sociedade ao longo do processo de uso e ocupação. Modificações essas que podem ser originadas tanto pela dinâmica dos processos naturais como pelas transformações produzidas pelas atividades humanas. A sociedade na busca constante de mudar o espaço de modo a atender seus anseios e necessidades promove transformações, criando desequilíbrios ambientais quando essas transformações são realizadas sem que sejam consideradas as fragilidades e potencialidades dos sistemas ambientais.

Essa ocupação desencadeia maior pressão sobre a base de exploração dos recursos naturais, que em muitos casos excedem a capacidade de suporte dos sistemas em que situações extremas promovem impactos, por vezes, irremediáveis. Essa superexploração desencadeia a necessidade ocupação de novas terras, gerando uma intensificação da busca por novos espaços, através da exploração dos recursos naturais, visando o desenvolvimento das atividades produtivas e habitação. Esses problemas ocorrem em todos os espaços do planeta, no entanto, os conflitos são mais evidentes nas nações em desenvolvimento, como é o caso do Brasil (ROSS, 2006).

Esses problemas são mais significativos nos espaços urbanos, pois com o aumento da população nas cidades, a urbanização ocorreu através da apropriação das melhores áreas pelo mercado imobiliário e pela quase ausência de áreas estruturadas para moradia popular (MARICATO, 2001). Esse processo de construção de cidade, fez com que os grupos sociais menos favorecidos economicamente buscassem alternativas habitacionais. Esse processo resultou na ocupação precária de áreas ambientalmente frágeis, desprezadas pelo mercado imobiliário, como margens de rios, mangues e encostas íngremes. Os ambientes fluviais entram nesse contexto como um dos mais atingidos, devido a pressão demográfica em seu entorno, que aumenta sua fragilidade natural frente aos processos de degradação.

Os rios sempre tiveram grande valor histórico ao auxiliarem na ocupação dos territórios, pois, nas margens desses, as cidades foram fundadas e se expandiram. Porém, o crescimento dessas cidades gerou uma série de impactos negativos aos ambientes fluviais, devida, em parte, à contínua poluição de suas águas, assoreamento de seus leitos e desmatamento de suas matas ciliares o que interfere na capacidade de escoamento dos mesmos.

No Ceará, esses problemas se manifestam em praticamente todas as áreas urbanas que margeiam canais fluviais. Porém, as pressões são mais acentuadas nas áreas próximas à Fortaleza, devida a grande concentração demográfica e a falta de controle e gestão do território, que possibilitou que muitas dessas áreas fossem inadequadamente ocupadas. Esse processo desencadeou uma série de problemas já que esse crescimento foi acompanhado de pouco ou nenhum oferecimento de infraestrutura principalmente nas periferias.

Fortaleza se apresenta como a quinta cidade mais populosa do país, e possui três rios principais que drenam seu território: o Rio Pacoti no extremo leste, na divisa com o município de Aquiraz; o Rio Cocó, que drena grande parte da capital cearense; e o Rio Ceará à oeste na divisa com o município de Caucaia. É neste último onde a área de pesquisa está inserida pela sua fragilidade natural, grande densidade populacional de seu entorno e os problemas ambientais decorrentes da falta de infraestrutura relacionados com a ocupação indevida. Ante a importância dos rios e sua elevada degradação em ambientes mais urbanizados surge a necessidade de compreender as condicionantes dessa degradação e os graus de fragilidade dos rios frente a estas.

O baixo curso do Rio Ceará é um ambiente onde a ação dos processos morfodinâmicos é intensa. A ocupação desse ambiente deve ser evitada ou realizada levando em consideração suas características intrínsecas e sua dinâmica natural.

Porém, nesse setor também se concentram grande parte das áreas periféricas, que por não ser área de ocupação preferencial do mercado imobiliário, não tem acesso a infraestrutura, como saneamento básico e abastecimento de água, condicionando inadequação do uso e ocupação em relação à capacidade de suporte desse ambiente.

Analisar a temática dos rios com base nas cidades com as quais interage é um desafio, dada a complexidade das relações que se formam, dos agentes sociais envolvidos, e do cuidado com os parâmetros ambientais a serem utilizados. Na maioria dos casos, os temas relacionados com a questão ambiental são tratados por especialistas e de forma fragmentada. Assim, é importante entender a peculiar relação sociedade/rio, principalmente em ambientes urbanos onde essa relação se torna mais complexa.

Um rio urbano diz respeito àquele que foi alvo de modificações significativas em sua forma, em sua dinâmica e em seus componentes geoambientais ao longo do processo de urbanização, com aproveitamento ou não de suas potencialidades socioeconômicas, paisagísticas e socioambientais (ALMEIDA, 2010).

Ante essas considerações, surge a necessidade de análise desses rios urbanos através de metodologias que melhor diagnostiquem esses ambientes de forma integrada. Nessa perspectiva, foram discutidos métodos de investigação que analisassem o baixo curso do rio Ceará em relação aos graus de fragilidade da área, a qualidade da água do rio e o uso e ocupação através da investigação da infraestrutura do entorno.

Nesse sentido, foi formulada a seguinte questão: Como a fragilidade ambiental se relaciona com a infraestrutura básica e qualidade da água?

No intuito de responder essa questão, foi utilizada a metodologia da fragilidade ambiental que é a análise do ambiente em função dos seus diferentes níveis de fragilidade naturais e/ou modificadas pelas atividades humanas a fim de obter informações integradas sobre eles. Essa metodologia segue os princípios sistêmicos da análise ambiental integrada visando entender a complexidade dos sistemas ambientais e sociais e suas interconexões (SANTOS e ROSS, 2012). Nesse sentido, a geomorfologia é utilizada como componente síntese que permite a integração entre os componentes naturais e sociais.

Isso posto, para investigar a situação da população que vive nas imediações do Rio Ceará, foram utilizados os dados fornecidos pelos setores censitários coletados no Censo de 2010 realizado pelo IBGE. Essas informações permitiram uma análise em detalhes da infraestrutura da área, através dos dados de tipo de abastecimento de água, saneamento básico e destino do lixo doméstico.

Também foi analisada a qualidade da água do rio Ceará através da verificação do Índice de Estado Trófico (IET) e dos níveis de Coliformes Termotolerantes presentes na água. Através de coletas em três pontos do rio, foi realizada uma análise preliminar da situação da qualidade da água no intuito de correlacionar esses dados com as análises de fragilidade e de infraestrutura básica.

Destaca-se que não é objetivo central fazer uma análise exaustiva da fragilidade ambiental urbana, já que existem investigações que tratam da temática, e sim analisar o estado ambiental da área a partir da correlação entre a qualidade da água, da infraestrutura básica e da fragilidade ambiental.

Como resultados, apresentam-se análises das condições ambientais e sociais através de dados sintéticos e analíticos que estão representados por gráficos, tabelas e espacialmente através de mapas com informações temáticas sobre a área.

A fim de alcançar os objetivos delineados, o trabalho foi subdividido em sete capítulos, sendo que o capítulo 1 traz os objetivos dessa investigação e traz uma breve

caracterização da área de estudo, destacando sua localização. O capítulo 2: Análise sistêmica nos estudos integrados de geografia física - traz a fundamentação teórica da metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa, baseada na concepção sistêmica. É feito um breve relato do desenvolvimento dos estudos integrados em geografia física que deram suporte a metodologia da fragilidade ambiental.

O capítulo 3: Procedimentos técnicos e metodológicos – Foram expressos os procedimentos técnicos desenvolvidos na pesquisa. São tratados os fundamentos conceituais utilizados para gerar o mapeamento geomorfológico, os índices utilizados para a definição da fragilidade ambiental e os parâmetros utilizados na análise de água realizada. O capítulo 4: Caracterização geoambiental da área em estudo - trata da caracterização dos sistemas e dinâmica ambiental da área. Os componentes geológicos, geomorfológicos, pedológicos, fitogeográficos e hidroclimatológicos foram estudados tendo como foco a análise integrada dos ambientes.

O capítulo 5: Diagnóstico socioambiental do estuário do rio Ceará - Foram vistos os aspectos socioeconômicos dos bairros de Fortaleza e Caucaia que circundam o baixo curso do rio Ceará. Neste capítulo foram investigados o histórico de uso e ocupação do estuário. O capítulo 6: Resultados: Síntese das fragilidades ambientais – é apresentada a fragilidade ambiental da área, com uma discussão dos resultados obtidos através das análises. E, finalmente, no capítulo 7 onde são tecidas as conclusões.

1.1. Objetivos

O objetivo desse trabalho é buscar compreender a relação entre a fragilidade ambiental, infraestrutura básica oferecida à população e a qualidade da água no baixo curso do rio Ceará.

Nesse sentido, são esboçados os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Identificar, caracterizar e classificar os sistemas ambientais presentes na área, considerando suas conexões com os demais componentes ambientais e sociais de forma sistêmica;
- ✓ investigar a infraestrutura básica oferecida à população;
- ✓ Apresentar as características gerais dos moradores através dos dados oferecidos pelos setores censitários;
- ✓ identificar e classificar as fragilidades ambientais presentes na área;
- ✓ correlacionar os resultados da análise da infraestrutura e da água do rio com as áreas mais frágeis ambientalmente.

1.2. Localização da Área de Estudo

A bacia do Rio Ceará tem uma abrangência espacial de 773,70 km² e está localizada na porção norte do Estado do Ceará, pertencendo ao conjunto de bacias da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). A área da bacia abrange 40,2% do município de Caucaia, 28,7% de Maranguape, 68,3% de Maracanaú e 22,4% de Fortaleza (PAULA, 2008). Mesmo englobando uma área menor do rio em relação a Caucaia e Maranguape, Fortaleza é o município que tem a maior população residente na área da bacia. No baixo curso foi instituída a unidade de conservação de uso sustentável denominada Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará¹ que engloba uma área de 2.744,89 hectares (BRASIL, 1999).

O baixo curso do Rio Ceará, pode ser compartimentado em planície litorânea, planície fluvial e tabuleiros pré-litorâneos. Em sua margem direita, no município de Fortaleza, estão os bairros de Barra do Ceará (desembocadura na margem Leste), Vila Velha, Quintino Cunha, Tabapuá e Tapapuá Brasília; por seu turno, em Caucaia, situado à margem esquerda encontram-se os bairros são o Parque Leblon (desembocadura na margem Oeste), Iparana e Parque Soledade (Figura 01).

Essa área engloba o estuário do rio Ceará, onde se desenvolve o ecossistema manguezal, resultado da transição entre os ambientes terrestre e marinho sendo regido pelas marés e característico de regiões tropicais e subtropicais. Ele desempenha um papel fundamental na conservação da biodiversidade, na estabilidade da geomorfologia costeira e na manutenção de recursos pesqueiros. Esse ecossistema constitui um habitat de grande biodiversidade marinha, sendo considerado um “berçário” natural de grande parte da fauna, tanto para as espécies características desses ambientes como para peixes e outros animais que migram para as áreas costeiras durante, pelo menos, uma fase do ciclo de sua vida (SILVA, 1997). Assim, o manguezal do Rio Ceará possui uma importante função na manutenção de atividades socioeconômicas associadas à produção pesqueira.

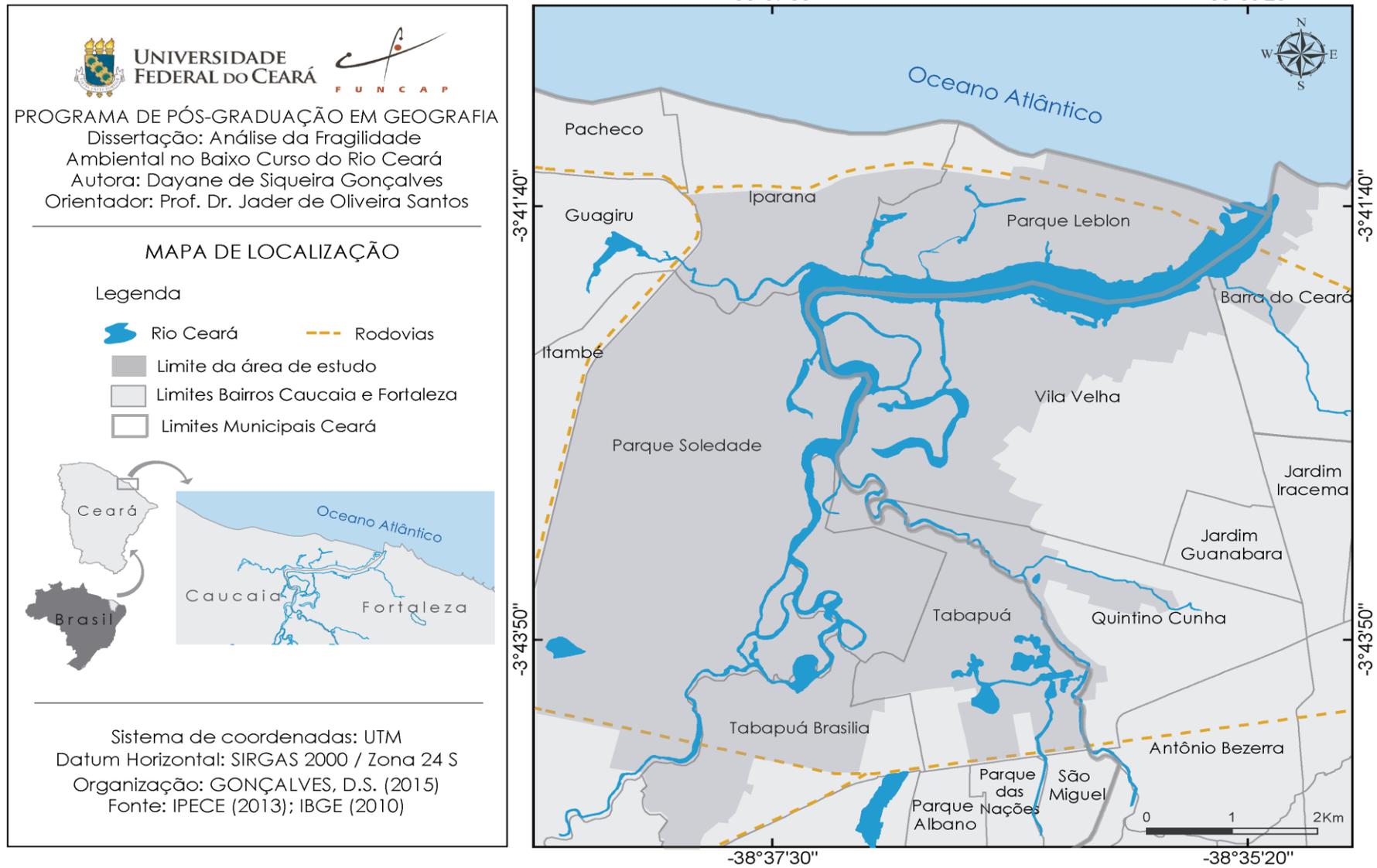
A escolha da área se deu devido ao elevado comprometimento do equilíbrio natural de suas unidades ambientais, principalmente no entorno da foz, fato que reflete na descaracterização ambiental das mesmas. Dentre os fatores que geram esses desequilíbrios, pode-se citar os extensos espaços urbanizados ou em processo avançado

¹ DECRETO ESTADUAL Nº 25.413, de 29 de março de 1999

de expansão urbana na área, a deficiência de saneamento básico, desmatamento; entre outros fatores.

Portanto, ante ao que foi discutido, surgiu a necessidade de investigações com nível de detalhe, cujo foco principal não reside na análise da fragilidade, nos aspectos socioeconômicos ou na qualidade da água e sim na associação desses aspectos de forma integrada de modo a compreender a relação existente. Intenta-se assim construir quadro da realidade socioambiental da área situada no entorno do baixo curso do rio Ceará.

Figura 1- Mapa de Localização.



Fonte: IPECE (2013); IBGE (2010)

2. ANÁLISE SISTÊMICA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DE GEOGRAFIA FÍSICA

Após o advento da revolução industrial houve significativo avanço na utilização dos recursos naturais, principalmente ao final do século XIX. Todavia, esse desenvolvimento acarretou consequências negativas ao planeta devido ao modo em que os recursos naturais estavam sendo utilizados. Os problemas relacionados ao uso indiscriminado dos recursos levaram ao exaurimento dos recursos naturais em algumas regiões do globo acarretando consequências de ordem econômicas, sociais e ambientais. Segundo Leff (2001), a crise ambiental, que se evidencia nos anos 60, é fruto de uma crise civilizatória onde o modelo de modernidade é pautado no desenvolvimento da razão tecnológica sobre a organização da natureza.

Segundo Ross (2009) nas regiões do planeta que “importaram o progresso tecnológico”, o tecnicismo gerou desequilíbrios ainda mais agressivos, pois o crescimento econômico não foi acompanhado pelo desenvolvimento social, cultural e mesmo econômico para uma grande parcela da população.

Esses problemas motivaram a emergência do pensamento ambiental que levou os cientistas, em especial os geógrafos, a repensarem a epistemologia e os paradigmas das ciências, a partir dos problemas socioambientais recorrentes ao uso exacerbado dos recursos naturais (RODRIGUEZ & SILVA, 2013). Sotchava (1977) traz que a superação dessa problemática deve se dar através da colaboração homem-natureza através de estudos da natureza baseados no uso e otimização das tendências a ela inerentes e aos seus regimes integrais, não apenas setoriais. Para Gerasimov (1980) o principal objetivo da geografia no mundo moderno deixa de ser facilitar a incorporação de novas terras e recursos naturais e passa a ser proporcionar um melhor aproveitamento das áreas já ocupadas através do avanço científico.

O enfoque interdisciplinar nos estudos do meio ambiente foi impulsionado pelo despertar social para os problemas de degradação global que se manifestou na realização da Conferência de Estocolmo e no Relatório do Clube de Roma em 1972 (LEFF, 2001). Esse evento sociopolítico constituiu-se como a primeira tentativa global de discutir e solucionar os principais problemas ambientais (MENDONÇA, 1993). Uma das consequências desses eventos foi o repensar das práticas, e, por conseguinte da própria

forma de se compreender as questões relacionadas ao meio físico-natural e de como a sociedade interfere nas funcionalidades e dinâmica do meio.

Foi também nesse período que cientistas começaram a discutir que o entendimento dos problemas ambientais não pode ser atingido mediante apenas o somatório de suas partes, o que ia de certo modo, em contraposição à excessiva fragmentação analítica do conhecimento científico, e, por conseguinte nas ciências ambientais (ROSS, 1995, 1994, 2006; ROSS *et. al.* 2008; RODRIGUEZ & SILVA, 2013; SOUZA E OLIVEIRA, 2001). Essa mudança no pensamento científico também influenciou a Geografia, e, em especial na geografia física.

Os estudos da Geografia Física foram, até as décadas de 1960 e 1970, excessivamente setorizados ou fragmentados, não seguindo orientação de integração interdisciplinar perseguida pelos naturalistas do século XIX. Apesar dos estudos unitemáticos (hidrografia, solos, etc.) fornecerem uma importante base de conhecimento, eles são insuficientes nos trabalhos que buscam compreender a realidade de forma integral (SOUZA E OLIVEIRA, 2011).

A partir dessa compreensão/necessidade emergiu a concepção de que os estudos ambientais, não mais poderiam ser tratados numa lógica fragmentada. Assim, os geógrafos físicos tomaram consciência que, sendo a geografia holística, ela é a disciplina com mais possibilidade de auxiliar na compreensão/solução dos problemas ambientais, impulsionando a ideia dos estudos integrados nos trabalhos de geografia, principalmente a partir do viés sistêmico (SOUZA E OLIVEIRA, *op. cit.*).

Os geógrafos, seguindo essa nova matriz de compreensão, buscaram na teoria dos sistemas os pressupostos teóricos para a formulação de metodologias de estudo integrado do meio, assim como biólogos tinham incorporado em seus estudos de ecologia e biologia anteriormente (RODRIGUEZ & SILVA, 2013).

Embora já fosse compreendida a relação de funcionalidade e interdependência, foi Von Bertalanffy, na década de 1930, quem desenvolveu a Teoria Geral dos Sistemas que é a base metodológica do pensamento sistêmico. Contudo, foi a partir da década de 1950 que essa teoria se difundiu amplamente nas disciplinas científicas, especial na geografia. Ela foi aplicada na ciência e na engenharia a partir da utilização de gráficos, matemática e informática a fim de desenvolver modelos que representem e facilitem a compreensão da realidade, ou seja, que realizem uma síntese da realidade (RODRIGUEZ & SILVA, 2013, p. 25).

Sistema, segundo Christofolletti (1980), é um conjunto de elementos e das relações entre si e entre seus atributos. Essas interações se dão por meio das relações funcionais entre os elementos e não deles isoladamente, sendo essa a característica que dá magnitude e importância à concepção dos sistemas. Nesse sentido, o entendimento das partes não é suficiente, é preciso entender as partes numa lógica de interdependência, ou seja, de integração.

Especificamente, qualquer diversidade da realidade, como objetos, fenômenos, problemas, situações, territórios, entre outros, podem ser considerados um sistema que se manifesta a partir das suas categorias. As categorias, ou partes que compõe um sistema são, em essência: elementos ou unidades, relações, atributos, entradas (*input*) e saídas (*output*). Os sistemas também podem ser classificados em isolados (fechados) ou não isolados (mantem relações com outros sistemas), este último pode ser classificado ainda em não isolado fechado (por exemplo o ciclo hidrológico) ou aberto (por exemplo um sistema morfológico) (MENDONÇA, 2001; CHRISTOFOLLETTI, 1979, 1999). Outros conceitos importantes na teoria sistêmica são o de resiliência (capacidade de o sistema superar o distúrbio imposto por um fenômeno externo) e de homeostase (princípio de conservação da energia para a manutenção do sistema em intervalos maiores de tempo).

Utilizando a TGS, Tansley (1934) desenvolveu o conceito de ecossistema que mais tarde influenciou a geografia física através dos trabalhos de Sotchava (1968), Bertrand (1971), Tricart (1977), entre outros.

O enfoque sistêmico auxiliou nos trabalhos de estudo da realidade na disciplina geográfica ao permitir distinguir o objeto estudado do meio circundante, dividi-lo em níveis de complexidade ou de hierarquia e investigar as relações entre estes diferentes níveis (RODRIGUEZ & SILVA, 2013). A partir dessa premissa, a teoria dos sistemas deu lugar à formulação de conceitos que ajudaram no desenvolvimento da geografia física, como o de geossistema.

A partir dos anos 60, a teoria dos sistemas foi se difundindo como uma abordagem das ciências ambientais que estuda os complexos naturais e sociais dando subsídios técnicos e metodológicos de análise do meio (*op. cit.*). Nesse contexto surgiu a abordagem geossistêmica que auxilia na identificação, análise e classificação dos diferentes níveis de paisagem que integram os diferentes sistemas naturais.

Os geógrafos russos, desde a década de 1960, já demonstravam a importância da geografia no pragmatismo político e econômico da União Soviética (ROSS, 2006). A

partir de uma geografia aplicada ao desenvolvimento do Estado evoluíram concepções geográficas mais voltadas à natureza.

É nesse contexto que Sotchava em 1960 traz o conceito de Geossistema utilizando a concepção sistêmica como base e possibilitando uma visão holística do meio natural com a finalidade de aplicação voltada ao planejamento (ROSS, 2006). Apesar de utilizar o mesmo aporte conceitual que levou os biólogos e ecólogos a desenvolver o conceito de ecossistema, o autor diferencia os dois ao colocar que este toma um único elemento ou componente na natureza como centro, enquanto que os geossistemas são policêntricos, pois abrangem complexos biológicos.

Geossistemas, segundo Sotchava (1977, p. 9) “são uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados”, onde a hierarquia é a feição mais importante do mesmo. Outro aspecto importante é a classificação da dinâmica, em outras palavras, em que tendência ou estado evolutivo o geossistema se encontra, podendo-se prognosticar cenários tendenciais e desejados.

Segundo Sotchava (1977, p. 6), “os geossistemas são formações naturais, experimentando, sobre certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico”. Nesse sentido, o autor ao abordar as interferências antropogênicas, afirma que estes compõem um “complexo interativo” com seus parâmetros espaciais, temporais e funcionais que funcionam junto aos sistemas geográficos, econômicos, técnicos e sociais. Esse é um sistema complexo regido pela dinâmica ecológico-socioeconômica global.

Quanto à classificação dos geossistemas, Sotchava (*op. cit.*) propôs em seu trabalho uma classificação hierárquica dividida em três grandes níveis taxonômicos: planetário, regional e topológico; e estes se organizam em duas fileiras: a dos geômeros (caracterizados como unidades territoriais que guardam características de relativa homogeneidade) e geócoros (caracterizados como espaços territoriais com um conjunto de unidades heterogêneas) (SOTCHAVA, 1977, p. 26). Essas categorias são inter-relacionadas, porém autônomas.

O trabalho de Sotchava foi aplicado nas planícies siberianas, sendo este um provável motivo para o autor ter utilizado as formações biogeográficas como base para sua classificação hierárquica (ROSS, 2006; MONTEIRO, 2000).

Apesar de Sotchava ter sido o precursor, foi a contribuição do geógrafo francês Bertrand ao conceito de geossistema que influenciou os geógrafos brasileiros na década de 1970. A partir da teoria geral dos sistemas, da noção de “paisagem ecológica” proposta

por Troll² e na ampliação do conceito de ecossistema, é que Bertrand lança seu trabalho, traduzido para português em 1969 como *Paisagem e geografia física global: esboço metodológico* (ROSS, 2006).

Bertrand, esclarece que seu trabalho trata da problemática de taxonomia, dinâmica, tipologia e cartografia das paisagens (*op. cit.*). Ele também diferencia geossistema de ecossistema ao afirmar que este último não tem uma escala nem suporte espacial bem definido (BERTRAND, 1969).

Ross (2006) coloca que o esforço de Bertrand de definir, caracterizar e classificar as unidades de paisagens gerou certa confusão devido o autor utilizar o termo geossistema para designar o nome da teoria e o nome de um dos níveis taxonômicos, dificultando até mesmo a representação cartográfica.

Bertrand defendeu que a solução seria classificar o geossistema (nível taxonômico) pela vegetação, pois essa representaria a melhor síntese do meio. Com bases nessas considerações, o autor apresenta ainda uma proposta de classificar os geossistemas em tipos, em função de sua dinâmica, ou seja, dos diferentes estágios de evolução (ROSS, 2006).

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro ao trabalhar os geossistemas aponta que é uma metodologia ainda em progressão e que a questão antrópica, desde o início foi insuficientemente tratada. Ele assinala que tanto Sotchava (1977) quanto Bertrand (1969) utilizaram áreas pouco ocupadas (as planícies siberianas e os Pirineus, respectivamente) para aplicação das teorias geossistêmicas (MONTEIRO, 2000).

Isso posto, o conceito de geossistema de Sotchava bem como sua classificação foram utilizados para nortear este trabalho em face da dificuldade de utilização das escalas temporo-espaciais do Bertrand e, de certo modo, da imprecisão das mesmas. Nessa perspectiva, definida a questão da identificação e taxonomia, compreender a dinâmica do geossistema e de que forma ela ocorre na área de estudo é de suma importância para a análise da fragilidade do ambiente.

Seguindo essa concepção de tratamento integrado, mediante os fluxos de matérias e energias na configuração das paisagens, o geógrafo francês Jean Tricart propôs em seu livro *Ecodinâmica*, publicado pelo IBGE em 1977, um método para avaliar as condições ambientais através da identificação de estabilidade e instabilidade dos ambientes naturais

² Karl Troll foi um geógrafo alemão propôs a criação de uma ciência que estudasse os complexos naturais, a qual nomeou de Geoecologia da Paisagem. (RODRIGUEZ; SILVA, 2013)

de modo a estabelecer uma geografia propositiva, portanto, útil e apta ao desenvolvimento de estudos práticos (ROSS, 2006). Tricart (1977) defende tal método na gestão dos recursos naturais, onde este avalie os impactos da inserção da tecnologia humana nos ecossistemas. Em outras palavras, determinar qual taxa aceitável de utilização dos recursos naturais sem que haja degradação dos ecossistemas ou determinar medidas de otimização dos mesmos para permitir uma maior extração dos recursos naturais sem degradação.

O autor baseia-se no conceito de sistema o qual é colocado como o melhor instrumento lógico para se estudar o meio ambiente, pois, enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes que compõem o sistema e pelos seus fluxos de matéria e energia no meio ambiente (TRICART, 1977).

Tricart (*op. cit.*) utiliza o conceito de ecossistema proposto por Tansley (1934) onde o “ecossistema é um conjunto de seres vivos mutuamente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual eles vivem.” (*op. cit.*, P. 17). Partindo desse conceito, o autor explica que “o homem participa dos ecossistemas em que vive. Ele os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do homem” (*op. cit.*, p. 17). Baseado nesses pressupostos, ele avança ao defender a importância dos estudos sobre o funcionamento dos ecossistemas visando a gestão dos recursos ecológicos objetivando a avaliação dos impactos de uso e ocupação do meio, ou seja, avaliar onde e de que modo é possível a extração de recursos sem degradar o ecossistema (ROSS, 2006).

Segundo a teoria de unidades ecodinâmicas de Tricart (1977) no ambiente, de forma sistêmica, as trocas de matéria e energia são realizadas em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio é frequentemente alterado pelas intervenções da sociedade podendo ser desequilíbrios temporários ou permanentes. Nesse sentido, Tricart propôs classificar as unidades ecodinâmicas em estáveis, fortemente instáveis e *intergrades* ou de transição, de acordo com o balanço morfogênese/pedogênese.

Ele considera a morfogênese um componente importante na dinâmica terrestre, pois essa produz instabilidade se configurando por vezes em um fator limitante do desenvolvimento dos seres vivos. Tricart (*op. cit.*) também salienta a importância da vegetação nos estudos do meio ambiente, pois, são a base da cadeia trófica, absorvem energia solar para a evapotranspiração através da fotossíntese, interceptam precipitações protegendo os solos e contribuindo para a pedogênese, entre outros. Assim, a presença de cobertura vegetal é um fator positivo na estabilização das paisagens, além de auxiliar na classificação das paisagens.

Desta forma, segundo o autor, onde as unidades ecodinâmicas são fortemente instáveis a morfogênese é elemento predominante na dinâmica natural e o meio pode ser caracterizado por ter: uma cobertura vegetal ausente ou muito aberta; os relevos são dissecados com declives acentuados, impedindo a pedogênese; condições bioclimáticas agressivas; uma dissecção agressiva dos cursos d'água; uma geodinâmica interna muito instável (vulcanismo ou terremotos, por exemplo).

Nas unidades ecodinâmicas estáveis prevalece a pedogênese, ou seja, a evolução dos solos é associada à estabilidade do meio, ligada as condições de biostasia ou fitostasia que os fitoecólogos designam como estado clímax. Por conseguinte, nos meios estáveis há poucos processos de morfogênese. Os ambientes que possuem um balanço concorrente entre morfogênese e pedogênese medianamente equilibrados se configuram como meios “*intergrades*” ou de transição.

Segundo Tricart (*op. cit.*), em uma análise integrada do ambiente a análise morfodinâmica é essencial para entender o comportamento do ambiente para o uso racional do meio e para avaliar os riscos acarretados pelo uso indevido da terra.

Tricart evolui sua concepção em outra obra denominada *Ecogeografia e manejo rural* publicada em 1992, escrita em co-autoria com Kiewietdejonge, onde ele amplia a discussão sobre homem e natureza e desenvolve o conceito de Ecogeografia. Esta, por sua vez, foi definida como sendo o estudo de como os homens são integrados nos ecossistemas e a diversificação dessa integração no espaço terrestre (ROSS, 2006).

Um fato que se destaca nessa concepção é o tratamento dado as sociedades humanas como sendo agentes modificadores dos ambientes naturais (ROSS *et al.*, 2008). Nesse sentido, classificam e hierarquizam esses ambientes visando melhorar a potencialidade dos recursos ecológicos, através da inserção de tecnologias; e investigar a suscetibilidade dos ambientes frente aos riscos potenciais de um lado e a degradação ambiental do outro.

Sobre o trabalho de Tricart (1977), Ross (2014), apontou que apesar de ter recorrido a metodologia das Unidades Ecodinâmicas em trabalhos de geomorfologia aplicada, encontrou dificuldades para aplicação o que o fez recorrer a uma adaptação da mesma. O autor aponta que esses pressupostos tem um viés fortemente agrônomo-ambiental e que, apesar de representar uma grande importância para o planejamento agroambiental, não é suficiente para a realização de um planejamento ambiental de aspecto mais amplo, o qual requer maior investigação da dinâmica e das demandas das sociedades humanas. E, ainda, ao tratar dos aspectos físicos-ambientais, a proposta inicial

da ecodinâmica acaba por negligenciar a ação das sociedades humanas, o que dificulta a aplicação dessa metodologia em áreas urbanizadas (SANTOS e ROSS, 2012).

Partindo do conceito de Tricart, Ross (1994) desenvolveu a metodologia da fragilidade ambiental onde estabeleceu que todos ambientes naturais apresentam grau de fragilidade, e estes, por sua vez são maiores ou menores em face suas características genéticas e das intervenções promovidas pelas sociedades. Desta forma, propôs a classificação dos ambientes em unidade de fragilidade potencial e unidades de fragilidade emergente, classificando-as em cinco níveis hierárquicos que variam de muito fraca a muito forte. Ele desconsiderou os meios “*intergrades*” pela dificuldade de identificação e sua imprecisão.

A metodologia da fragilidade ambiental desenvolvida por Ross (1994, 1995) intenta auxiliar nos trabalhos de estudos integrados da geografia física aplicada. A fragilidade ambiental é uma metodologia que estuda e analisa os ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidade com objetivo principal de obter informações integradas sobre eles. Essas informações são sinteticamente tratadas e representadas em áreas que guardam certo grau de homogeneidade. (ROSS, 1995)

Ross (1994) coloca que a análise da fragilidade exige estudos básicos do relevo, solos, clima, rochas, minerais, flora e fauna, ou seja, de todos os componentes da natureza. Esses produtos analíticos e de síntese dão suporte aos diagnósticos ambientais que devem ser realizados de forma integrada, fundados nos princípios sistêmicos. Deste modo, a fragilidade dos sistemas é dependente de um conjunto de fatores que determinam a capacidade de resiliência do ambiente, ou seja, fragilidade desse ambiente frente às intervenções humanas (SANTOS, 2015). Os estudos passam obrigatoriamente por atividades de campo, análises de gabinete a partir de onde são gerados produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação. Esses levantamentos tratados integralmente permitem chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade ambiental (ROSS et al., 2008).

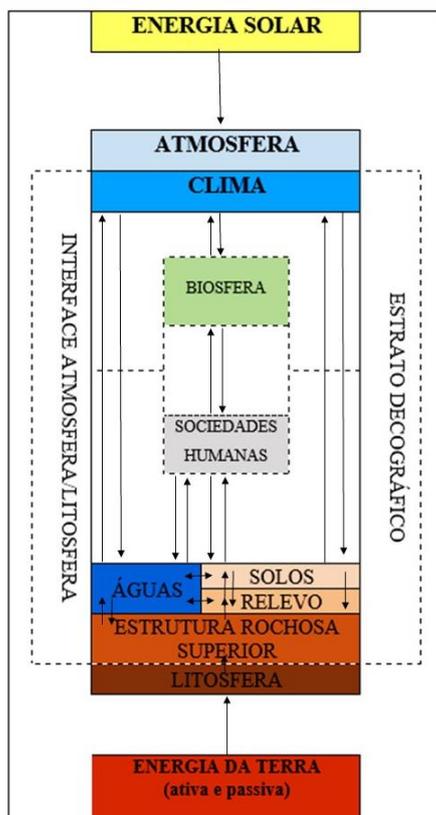
Desse modo, este trabalho adapta a fragilidade ambiental à ambientes urbanizados, a partir de trabalhos já realizados nessa perspectiva por Santos & Ross (2012) e Santos (2011). Nesse sentido, é importante o desenvolvimento e aplicação de metodologias que auxiliem no entendimento de como os sistemas ambientais são apropriados pela cidade e como contornar os problemas ambientais gerados pela apropriação de áreas naturalmente frágeis.

2.1. Geomorfologia como instrumento de síntese na análise ambiental

A segunda metade do século 20 trouxe outras perspectivas para a geomorfologia sobre a influência dos conceitos oriundos da teoria geral dos sistemas. A noção de sistema aberto (importação e exportação de matéria e energia) e de equilíbrio compuseram a teoria de equilíbrio dinâmico³. Nesse sentido, as formas de relevo passaram a ser compreendidas como dinâmicas estando em sintonia com os processos atuantes (MARQUES, 2008).

Christofolletti (1980) assinala que o sistema geomorfológico é aberto, ou seja, recebe influências e também atua sobre outros sistemas. Ele complementa colocando que as formas, os processos e suas relações constituem o sistema geomorfológico e que estes sofrem influências de fatores endógenos e exógenos. É na área de interação desses dois fatores que ocorrem os fenômenos mais importantes à sociedade e, por conseguinte à geografia e que Grigoriev (1968) chama de estrato geográfico da Terra. A Figura 2 demonstra as relações que caracterizam o estrato geográfico terrestre.

Figura 2: Fluxo da relação sociedade-natureza



Fonte: Ross (2006)

³ A Teoria do Equilíbrio Dinâmico considera o modelado terrestre como um sistema aberto que, a fim de permanecer em funcionamento, necessitam de ininterrupta suplementação de energia e matéria, assim como funcionam a través de constante remoção de tais fornecimentos. (CHRISTOFOLLETTI, 1980)

O estrato geográfico compreende “a crosta, a baixa atmosfera (troposfera e parte da estratosfera), hidrosfera, regolito (manto do solo), cobertura vegetal e reino animal.” (GRIGORIEV, 1968, p.71). Ou seja, é a área onde as trocas de matérias e energias são mais intensas. Ross (1994) aponta que essa troca permanente de matérias e energias entre a litosfera e a atmosfera, além da presença de água em seus três estados físicos, é a responsável pela dinâmica e pela presença de vida na Terra.

No Brasil, os estudos geomorfológicos tiveram uma grande expansão nos últimos 50 anos. É importante salientar sua valorização em função da maior ênfase dada às questões ambientais, onde a geomorfologia se destaca pela aplicação direta de seus conhecimentos à análise ambiental.

Graeff (2012) coloca que a geomorfologia surge como ciência integradora de processos, pois para se compreender a natureza, origem, desenvolvimento de processos e composição de materiais envolvidos é necessário um estudo prévio de geologia, para entender a estrutura, e da climatologia, para entender a relação do clima com os materiais originais e do relevo sobre o clima. Também é preciso entender de hidrologia para estudar o transporte de solos e partículas que modificam o modelado do relevo. No campo biótico, a fauna, a vegetação ou fitofisionomia estão diretamente ligadas as formas de relevo e aos fatores citados, principalmente a climatologia que define as curvas de temperatura e umidade condicionando a distribuição da vegetação e, por sua vez, a fauna (GRAEFF, 2012).

Quanto a sua importância para a sociedade, Ross (2006, p. 61) salienta que “[...] o relevo funciona como variável importante, indicador dos diferentes ambientes que favorecem ou dificultam as práticas econômicas, responsáveis pelos arranjos espaciais e pelo processo de produção dos espaços”. Em outras palavras, o relevo é um dos fatores mais importantes a ser considerado na análise do uso e ocupação. É nele onde se estabelecem as bases físicas das diferentes sociedades.

No tocante à análise integrada, Ross (1995, p. 68) explica que “A geomorfologia, pelo seu papel integrador nas ciências da terra, é uma disciplina que muito atende aos interesses da geografia e do planejamento territorial/ambiental”. O autor também coloca que é imprescindível considerar as características de evolução do relevo para distinguir suas potencialidades e fragilidades segundo suas características genéticas e de evolução. Assim, fica evidente a importância do estudo do relevo bem como suas inter-relações com os demais componentes naturais e sociais para a elaboração de um diagnóstico integrado.

Com a intensão de estabelecer bases para os estudos geomorfológicos quaternários no território intertropical brasileiro, Ab'Sáber difundiu um conceito tripartite onde são colocados três níveis de análise (AB'SÁBER, 1969).

No primeiro nível, Ab'Sáber coloca o entendimento da compartimentação topográfica regional. Esse nível corresponde a caracterização e descrição, tão exatas possíveis, das formas de relevo com base no estabelecimento de diferenças e semelhanças na delimitação de cada um dos compartimentos estudados. Essa descrição perpassa tanto os aspectos morfométricos como morfológicos.

O segundo nível trata de obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens referentes a todos os compartimentos e formas de relevo observados. A estrutura superficial corresponde ao material próximo à superfície, como depósitos coluvionares. A partir do estudo desses materiais, pode-se obter informações referentes à cronogeomorfologia e proposições sobre a sequência dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos.

O terceiro nível (fisiologia da paisagem) compreende os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais. Ou seja, esse nível envolve o funcionamento e a dinâmica da paisagem no presente. Segundo Ab'Sáber, nesse nível são observadas as variações sutis de fisiologia explicadas por ações antrópicas predatórias.

Ab'Sáber chama atenção também ao cuidado que se deve ter na obtenção de dados em cada nível, principalmente no terceiro nível. Segundo ele, quando “a situação é estática e pode ser estudada em qualquer tempo; a preocupação é a de entender uma paleodinâmica à custa de fatos, todos predominantemente dedutivos.” (AB'SÁBER, 1969, P. 3).

O entendimento desses conceitos metodológicos de geomorfologia é imprescindível quanto à sua aplicação em trabalhos de cunho ambiental, principalmente o nível que trata da fisiologia da paisagem onde o social participa da análise.

Segundo Tricart (1977) ao se compreender a dinâmica natural é que se pode compreender os mecanismos de degradação antrópica e sua amplitude. O autor coloca que o ponto de partida lógico dessa análise é o entendimento dos sistemas morfogênicos naturais e de seus processos de origem. Porém a análise dos fatores antropogênicos não pode se limitar ao estudo do aspecto geomorfológico e sim, a partir dele, seguir para um estudo interdisciplinar.

Para analisar a geomorfologia do baixo curso do rio Ceará, deve-se observar como se comporta a dinâmica fluvial, flúvio-marinha e costeira e como a sociedade

interage/interfere nessa dinâmica. A dinâmica do relevo costeiro é controlada por diversos fatores, dentre eles, se destacam a geologia, o clima, o vento, os fatores bióticos e fatores oceanográficos. Estes devem ser compreendidos de forma integrada para melhor ser entendida a dinâmica costeira. Segundo Chistofolletti (2011, p.129), a influência dos fatores citados varia de um setor para outro da costa, com diferentes intensidades de atuação na escala temporal. Destacam-se na dinâmica costeira a atuação do clima e do controle geológico, a nível de escala geológica. O vento e diferenças oceanográficas (atuam na salinidade ou nas correntes oceânicas) são os fatores dominantes na dinâmica.

A dinâmica do relevo do baixo curso do Rio Ceará também é controlada por fatores sociais devida a elevada concentração demográfica de seu entorno. Jorge (2011) explana que, na cidade, o relevo é fruto da dinamicidade entre os processos físicos e os agentes sociais atuantes que, na análise integrada das relações deve ser estudado na escala de tempo humana ou histórica.

É nas cidades onde as relações entre a sociedade e a natureza ocorrem de forma mais conflituosa devida pressão demográfica sobre os recursos ambientais (SANTOS e ROSS, 2012). Nesse sentido, o crescimento rápido, espontâneo e desordenado das cidades brasileiras tem provocado um inchaço demográfico que induz a ocupação de áreas periféricas, a maioria imprópria para edificações como encostas e várzeas de rios (JORGE, 2011). As análises das estruturas existentes e geomorfológica permitem identificar no tecido urbano ambientes mais susceptíveis aos fenômenos naturais, e, por conseguinte, a maior ação dos processos morfogenéticos.

Na análise da fragilidade, segundo Ross (2008), a ênfase está na geomorfologia, pois o relevo é considerado como um dos fatores mais importantes para uma análise integrada do meio.

3. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Como foi discutido nos tópicos anteriores, a geografia física passou por avanços significativos nos últimos 60 anos com o aprimoramento de recursos técnicos, metodologias e métodos que possibilitaram a realização de trabalhos integrados e aplicados. Esses métodos se fazem necessários para se obter o melhor desenvolvimento do trabalho e alcançar os objetivos propostos. Os procedimentos adotados para a concretização dos objetivos delineados seguiram a perspectiva sistêmica e holística através da Análise Ambiental Integrada.

Libault (1971) orienta a execução do trabalho através de etapas a serem seguidas, de modo a viabilizar a aquisição, análise e correlação dos dados coletados, visando uma melhor apresentação dos resultados finais. Desta forma, Libault (1971) aborda os quatro níveis da pesquisa geográfica: i) compilatório; ii) correlatório; iii) semântico; e iv) normativo. Segundo o autor, a ordem lógica dos níveis é essencial, apesar da demarcação entre um e outro ser por vezes difusa e poder haver interferências entre eles, nenhum dos níveis deve ser negligenciado afim de se realizar um trabalho satisfatório. A organização e sistematização das etapas de trabalho em níveis distintos, propiciam uma melhor compreensão e adequação dessas atividades ao longo da pesquisa.

O nível compilatório corresponde à fase inicial do trabalho onde são coletadas as informações pré-existentes através de levantamentos bibliográficos, cartográficos e informações elencadas em campo. Nessa etapa há ainda a delimitação da escala de análise e levantamentos detalhados das características ambientais da área, bem como seus aspectos históricos, econômicos, sociais e culturais.

As informações secundárias foram coletadas em arquivos, bibliografias, sites e visitas a órgãos públicos, como a SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), entre outros. Concomitantemente a esses levantamentos ocorreram análises em campo e em laboratório a fim de obter informação na área de estudo. Como o levantamento bibliográfico e a aquisição das informações acompanham todas as etapas da pesquisa, o nível compilatório se interpôs aos outros três níveis.

A segunda etapa, o nível correlatório, corresponde à correlação dos dados levantados com a realidade do trabalho para sua posterior interpretação. Nesse sentido, foram levantados dados cartográficos que foram sistematizados em um banco de dados e devidamente representados em tabelas, gráficos e textos explicativos.

Para elaboração dos mapas, foram utilizados os seguintes materiais cartográficos e de sensoriamento remoto:

- Mapa básico dos Municípios de Fortaleza e Caucaia adquirido no formato digital no IPECE (Instituto de Planejamento e Estratégia Econômica do Ceará);
- Aerofotocartas do IPECE do ano de 2009, apresentando escala de 1:2.000 e resolução espacial de 20 cm.;
- Curvas de nível adquiridas na PMF (Prefeitura Municipal de Fortaleza);
- Dados vetoriais adquiridos em órgãos públicos (PMF, IPECE, IBGE) e coletados em campo com auxílio de GPS.

Os mapas foram tratados no software ArcGIS 10.4.1, utilizando a projeção cartográfica UTM (Universal Transverso de Mercator) e datum geodésico Sirgas 2000. O tratamento final dos mapas foi realizado através do software Adobe Illustrator CC 2014.

O mapa hipsométrico foi gerado a partir das curvas de nível adquiridas previamente, das quais foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno e, depois, um Raster de classes de 5 metros. Esse mapa foi utilizado na elaboração do mapa geomorfológico que, por conseguinte, foi utilizado como elemento balizador para construção dos demais mapas ambientais. Além desses, foram verificados e coletados dados em campos realizados tanto de carro, no entorno do baixo curso do Rio Ceará, como de barco, seguindo da jusante a montante.

O nível semântico é a fase em que as informações são reorganizadas e interpretadas. Com base nas correlações feitas nas fases anteriores e após checagens de campo são excluídas algumas informações e inseridas novas. Segundo Libault (*op. cit.*) é nesse nível que se pode aproveitar ou não, as informações levantadas nos dois momentos anteriores. É nessa fase que serão relacionadas as informações cartográficas da fase anterior com os dados de qualidade da água, obtidos em campo e analisados em laboratório. Também foram produzidos mapas básicos e temáticos da área considerando os dados pré-existentes e os coletados em campo.

O nível normativo corresponde a fase final do trabalho e apresentação dos resultados da pesquisa e redação do relatório final. Segundo Libault (1971) “o papel do último nível será o de traduzir os resultados fatorialiais em normas aproveitáveis, seja para

sustentar a estrutura geral da ciência geográfica, seja para quantificar uma proposição aberta regional”. Foi nesse momento que os documentos cartográficos básicos foram agrupados por temas e em seguida foram relacionados para confecção do mapa de fragilidade.

Devido à complexidade dos procedimentos concernente ao mapeamento geomorfológico, à classificação dos geossistemas e a fragilidade ambiental, faz-se necessária a descrição mais detalhada destes.

3.1. Metodologia para construção do mapa geomorfológico

O procedimento técnico para elaboração do mapa de geomorfologia seguiu a proposta de classificação taxonômica do relevo elaborada por Ross (1992), onde se busca representar o relevo em seus aspectos fisionômicos, relacionando-os com as informações de morfogênese.

A proposta elaborada intenta direcionar a uma geomorfologia que tenha suas bases conceituais nas ciências da terra, porém, vinculada com as ciências humanas no sentido de poder servir como suporte para o entendimento para os ambientes naturais, onde as sociedades humanas se estruturam, extraem recursos e organizam o espaço físico-territorial (ROSS, 1992).

A fundação teórico-metodológica se baseia na concepção de Walter Penck (1953), em que os processos endógenos e exógenos são os processos geradores das diferentes formas do relevo terrestre. A partir dessa premissa Guerasimov (1980) e Mecerjakov (1968) desenvolveram os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Assim, todo relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural decorrente de processos climáticos pretéritos e atuais que atuou e atua nessa estrutura (ROSS, 1992; 1994).

Segundo a proposta de Ross (1992), as unidades morfoestruturais e morfoesculturais se apresentam de diversas formas e tamanhos de relevo e suas categorias de tamanhos, formas, idades e gêneses podem ser individualizadas e cartografadas em diferentes categorias, conforme a escala de análise, que permitiu a classificação de relevo em seis níveis taxonômicos.

Assim, as unidades morfoestruturais correspondem ao primeiro táxon. Essa unidade possui uma maior dimensão e possui uma história genética e idade mais antigas. Como exemplo dessa unidade, pode-se citar as coberturas sedimentares Cenozóicas.

As unidades morfoesculturais compreendem o segundo táxon, sendo gerada por processos climáticos ao longo do tempo geológico sobre determinada morfoestrutura. Assim, em uma morfoestrutura podem existir várias morfoesculturas, como por exemplo a planície costeira presente na unidade morfoestrutural coberturas sedimentares Cenozóicas.

Detalhando a escala de análise tem-se o terceiro táxon, corresponde aos padrões de relevo ou padrões de tipos de relevo. É nesse táxon onde os processos morfoclimáticos atuais começam a ser mais facilmente notados.

O quarto táxon corresponde a formas de relevo individualizadas dentro de cada padrão de formas semelhantes de relevo ou padrões de tipo de relevo. As formas de relevo podem ser classificadas como de agradação, como uma planície fluvial, ou de desnudação resultante de processos erosivos, como um morro ou uma colina. A partir do quarto táxon, a análise deve ser feita em escalas médias ou grande (1:50.000 ou mais).

O quinto táxon representam os tipos de vertentes inseridas em cada forma de relevo. Sua individualização ocorre a partir de seus diferentes aspectos morfológicos e morfométricos que apresentam características genéticas e geométricas distintas.

O sexto táxon correspondem as formas menores, produzidas por processos atuais, que podem ser de agradação ou desnudação, mas também podem ser produzidos por atividades humanas.

As unidades morfológicas ou os padrões de formas semelhantes são representados por um conjunto de algarismos arábicos, sendo estas de duas naturezas genéticas, que são:

- As formas agradacionais (acumulação) representadas pela letra maiúscula “A”, seguida de outras duas letras minúsculas que representam a gênese e o processo de geração da forma de agradação (por exemplo: Apf, onde o A- é de agradação, p- de planície e f- de fluvial);

- As formas denudacionais (erosão) representadas pela letra “D” seguida de outra letra minúscula que representa a morfologia do topo da forma individualizada, sendo reflexo do processo morfogenético que criou tal forma (por exemplo: Dt, onde D- é de denudacional e t- de topo tabular).

Em face da escala a área analisada na presente pesquisa, foram consideradas principalmente os padrões de formas de relevo, que correspondem ao terceiro táxon, e as formas de relevo, que correspondem ao quarto táxon.

Os procedimentos técnicos para as definições das unidades geomorfológicas foram a partir da identificação visual dos padrões de formas semelhantes definidos pelos aspectos fisionômicos, rugosidade e topografia e a diferentes classes de declividade do relevo. Foram realizadas análise e interpretação de produtos cartográficos básicos, temáticos e de sensoriamento remoto. Os trabalhos de campo foram parte importante nesse processo, a fim de verificar o que foi analisado em gabinete através de imagens de satélite.

3.2. Metodologia da fragilidade ambiental

A Análise da Fragilidade Ambiental, como foi brevemente discutida no capítulo 1, é uma metodologia desenvolvida por Ross (1994, 1995) a partir de uma redefinição das Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977).

Fragilidade Ambiental é a análise do ambiente em função dos seus diferentes níveis de fragilidade a fim de obter informações integradas sobre eles e classifica-los em áreas de fragilidade potencial ou emergente. Essa metodologia segue os princípios sistêmicos da análise ambiental integrada visando entender a complexidade dos sistemas ambientais e sociais e suas interconexões (SANTOS, 2015).

As unidades de fragilidade potencial correspondem aos ambientes estáveis que se encontram em equilíbrio dinâmico, tendo sido menos afetados pela ação humana, mas que apresentam instabilidade potencial qualitativamente previsível. As unidades de fragilidade emergente correspondem aos ambientes fortemente instáveis, ou seja, que não estão em condições de equilíbrio dinâmico.

As duas unidades de fragilidade, potencial e emergente, são hierarquizadas numa classificação qualitativo-numérica que varia de muito baixa (1), baixa (2), média (3), forte (4), e muito forte (5), como mostra a Tabela 1 (ROSS, 1994)

Tabela 1 - Classificação das unidades de fragilidade.

Unidades de Fragilidade	Classificação dos níveis de intensidade da Fragilidade	
	Qualitativa	Numérica
Fragilidade Potencial	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5
Fragilidade Emergente	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5

Fonte: Ross (1994)

Para a realização de uma análise a partir da fragilidade ambiental são necessários estudos básicos de relevo, solo, subsolo, uso da terra e do clima. A partir desses estudos são realizadas atividades de campo e de escritório onde são gerados produtos intermediários que se traduzem em relatórios e/ou cartografia temática e sintética (ROSS, 1994). Em acordo com os procedimentos anteriormente apresentados, essa fase pertence ao nível correlatório da pesquisa.

O mapeamento da fragilidade ambiental exige a correlação dos produtos intermediários que auxiliam na análise do produto final, porém, a carta geomorfológica acompanhada da análise genética das diferentes formas de relevo se destaca como um dos produtos de maior importância.

Segundo Ross (*op. cit.*), para análises em pequena e média escala (como 1: 50000, 1: 100000, 1: 250000) deve ser utilizado os padrões de formas com a rugosidade topográfica ou os índices de dissecação de relevo. Nesse caso, o referencial morfométrico utilizado é a Matriz dos índices de dissecação proposta por Ross (1992) adaptado a partir da matriz do RADAM. A Tabela 2 mostra a matriz dos índices de dissecação do relevo em escala de 1: 100.000 conforme a proposta de Ross (1992, 1994 e 2008).

Tabela 2 - Matriz de Índice de Dissecação do Relevo (para escala 1: 1000.000).

Densidade de drenagem ou dimensão interfluvial média	Muito Baixa (1) >1500m	Baixa (2) 1500 a 700	Média (3) 700 a 300m	Alta (4) 300 a 100m	Muito Alta (5) < 100m
Graus de entalhamento					
Muito fraco (1) (< de 100m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (10 a 20m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (20 a 40m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (40 a 80m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> 80m)	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1992, 1994) e Ross et. al. (2008).

A Matriz de índice de dissecação baseia-se na relação entre densidade de drenagem e dimensão interfluvial média utilizando dados de dissecação no plano horizontal e vertical (ROSS, 1994). Com base nessa matriz, as categorias de fragilidade ficam classificadas quanto a suas características morfométricas, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação das categorias morfométricas.

Categorias Hierárquicas	Categorias morfométricas
Muito fraca	da matriz 11,
Fraca	da matriz 21, 22, 12,
Média	da matriz 31, 32, 33, 13, 23,
Forte	da matriz 41, 42, 43, 44, 14, 24, 34,
Muito Forte	da matriz 51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45.

Fonte: Ross (1992, 1994) e Ross et. al. (2008).

Quando a análise é de maior detalhe (em escalas como 1: 25.000, 1: 10.000, 1: 5.000 e 1: 2.000) seguem as construções das cartas de classes de declividade e de formas de vertentes. Ross (1994) indica nesses casos o uso dos intervalos de classe já consagrados nos estudos de aptidão agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites

críticos da geotecnia. Eles indicam respectivamente o vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamento e inundações frequentes. Assim, para analisar a fragilidade do baixo curso do Rio Ceará foram utilizadas as seguintes classes de declividade (Tabela 4):

Tabela 4- Categorias Hierárquicas de declividade.

Categorias Hierárquicas	Declividades
Muito fraca	0 a 3%
Fraca	de 3 a 8%
Média	de 8 a 13%
Forte	de 13 a 20%
Muito Forte	acima de 20%

Fonte: Ross (1992, 1994) e Ross et. al. (2008).

A fragilidade do solo corresponde à vulnerabilidade do solo à erosão. Para realizar essa análise são necessários estudos das características do solo (textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes). Os estudos desses atributos estão diretamente relacionados com os estudos de relevo, litologia e clima.

As diferenças nos atributos físicos e químicos do solo podem explicar, por exemplo, o porquê de alguns solos erodirem mais que outros, mesmo expostos a condições ambientais semelhantes. Assim, Ross (1994) com base em levantamentos realizados por diferentes autores que tratam da erodibilidade do solo, apresentou a hierarquização da fragilidade dos solos (Tabela 5).

Tabela 5 - Graus de Proteção dos tipos de cobertura vegetal.

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
1 - Muito baixa	Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho e amarelo- textura argilosa.
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/argilosa.
3 – Média	Latossolo Vermelho-amarelo, Nitossolo Vermelho, Terra Bruna, Argiloso Vermelho-amarelo textura média/argilosa.
4 – Forte	Argiloso Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.
5 - Muito Forte	Argiloso com cascalho, Litólicos e Neossolos – quartzorênicos.

Fonte: Ross (1992, 1994) e Ross et. al. (2008).

Santos (2011) ao tratar das classes de fragilidade do solo discorre que deve-se considerar a diferença de solos existentes em cada região do Brasil. Em sua análise da fragilidade ambiental de Fortaleza o autor incluiu novos tipos de solos não previstos na proposta inicial, considerando também como a urbanização interfere na classificação.

Segundo Santos (2011, p. 83) tal preocupação surge do fato de que os solos de Fortaleza se encontram, em sua maioria “alterados por aterros e compactação e/ ou encontram-se sobrepostos por impermeabilização asfáltica, o que altera o comportamento do solo em face da ação da chuva/erosão e seu suporte às construções.” Nesse sentido, Santos e Ross (2012) elaboraram uma proposta de classificação da fragilidade dos solos que considera a ocupação urbana, como é o caso desta pesquisa (Tabela 6).

Outro elemento que interfere no processo erosivo é a cobertura vegetal. Além de proteger o solo contra os efeitos da precipitação, a cobertura vegetal o protege direta e indiretamente da ação dos agentes modificadores das formas do relevo.

Tabela 6 - Classes de Fragilidade dos solos.

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
1 - Muito baixa	Latossolo de estrutura argilosa e média/argilosa (vide classes 1 e 2 da tabela 4 acima); Nitossolo, Latossolo vermelho-amarelo em áreas dotadas de infraestrutura urbana.
2 – Baixa	Argissolos vermelho-amarelo com textura média/argilosa em áreas urbanas dotadas de boas condições de infraestrutura.
3 – Média	Argilossos de textura média/arenosa em áreas urbanas dotadas de boas condições de infraestrutura.
4 – Forte	Argilossos vermelho-amarelos de textura média/arenosa; Neossolos Quartzarênicos em áreas com infraestrutura urbana.
5 - Muito Forte	Argilosos com cascalhos; Gleissolos; Neossolos flúvicos e Neossolos Quartzarênicos.

Fonte: Santos (2011); Santos e Ross (2012).

Nesse sentido, Ross (1994), estabeleceu uma hierarquia de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal através da análise de estudos realizados sobre a relação entre tipos de cultivo e perdas de solo. A Tabela 8 mostra a hierarquização dos graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal ante a ação da pluviosidade.

Tabela 7 - Classes de Fragilidade dos tipos de solos.

Classes de Proteção	Tipos de Cobertura
1 - Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária).
3 – Média	(Cerrado denso, Capoeira densa). Mata homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
5 - Muito baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado / gradeado, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Ross (1994) e Ross et. al. (2008).

Como a metodologia da fragilidade ambiental não foi originalmente desenvolvida para ambientes urbanos, as classes de fragilidade dos tipos de solos mostradas na Tabela 7 não considera a ação das chuvas em áreas impermeabilizadas e urbanas. No intuito de aplicar a referida metodologia em ambientes urbanos, Santos (2015) elaborou uma proposta de fragilidade quanto ao grau de urbanização (Tabela 8).

Referida proposta parte do entendimento de que a fragilidade urbana está diretamente ligada à intensidade do escoamento superficial, possibilidade de drenagem após incidência de chuva (através de condições naturais ou estruturantes) suscetibilidade natural à inundação e possibilidade de movimentos de massa (SANTOS, *op. Cit*; SANTOS e ROSS, 2012).

Tabela 8 - Classes de Fragilidade dos tipos de solos quanto ao grau de urbanização.

Graus de Fragilidade	Quanto ao Grau de Urbanização
1 - Muito baixa	Predomínio de condições naturais com estrato vegetal bem desenvolvido e/ou em estágio avançado de regeneração que favorece a infiltração, minimizando o escoamento pluvial. Setores de média urbanização situadas em áreas mais elevadas que apresentam baixa declividade e contam com medidas estruturais e não estruturais para o controle de cheias, como caixas de sumidouro, canteiros permeáveis, obstáculos para a redução da velocidade do escoamento, reservatórios para coleta e reuso de água da chuva.
2 – Baixa	Área urbanizada com drenagem eficiente, baixa declividade, presença de ações para controle de cheias, infiltração e redução do escoamento nas vias de circulação, nos lotes e nas construções.
3 – Média	Área urbanizada e predominantemente impermeável com problemas de drenagem e constantes alagamentos e inundações. Ambientes com declive praticamente nula, precariamente incorporados à drenagem, susceptíveis à inundações sazonais, que podem ter constituído antigas planícies de inundação de corpos hídricos e lacustres afetados ou não por atividades antropogênicas.
4 – Forte	Locais urbanizados e/ou semiurbanizados com precariedade nas construções e na estrutura para eventos pluviométricos de média/baixa intensidade. Áreas de inundação natural, como planícies lacustres, e setores mais abrigados das planícies fluviais e flúvio-marinhas.
5 - Muito Forte	Áreas críticas que deviam ser destinadas à manutenção de sua funcionalidade sistêmica original. Ausência de infraestrutura e total precariedade dos constructos humanos, frutos do uso e ocupação desordenados do solo. Ambientes naturalmente favoráveis à inundação, tais como corpos hídricos e planícies de inundação. Setores com grande declividade susceptíveis a movimentos de massa.

Fonte: Santos (2011); Santos e Ross (2012); Araújo (2005).

A correlação dos produtos intermediários de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia, uso da terra/vegetação possibilita a confecção da Carta das Fragilidades potenciais e emergentes. O uso dessa metodologia permite o emprego de variáveis tanto quantitativas como qualitativas a partir das quais é possível construir um produto

cartográfico sintético onde são identificados polígonos com diferentes padrões de fragilidade.

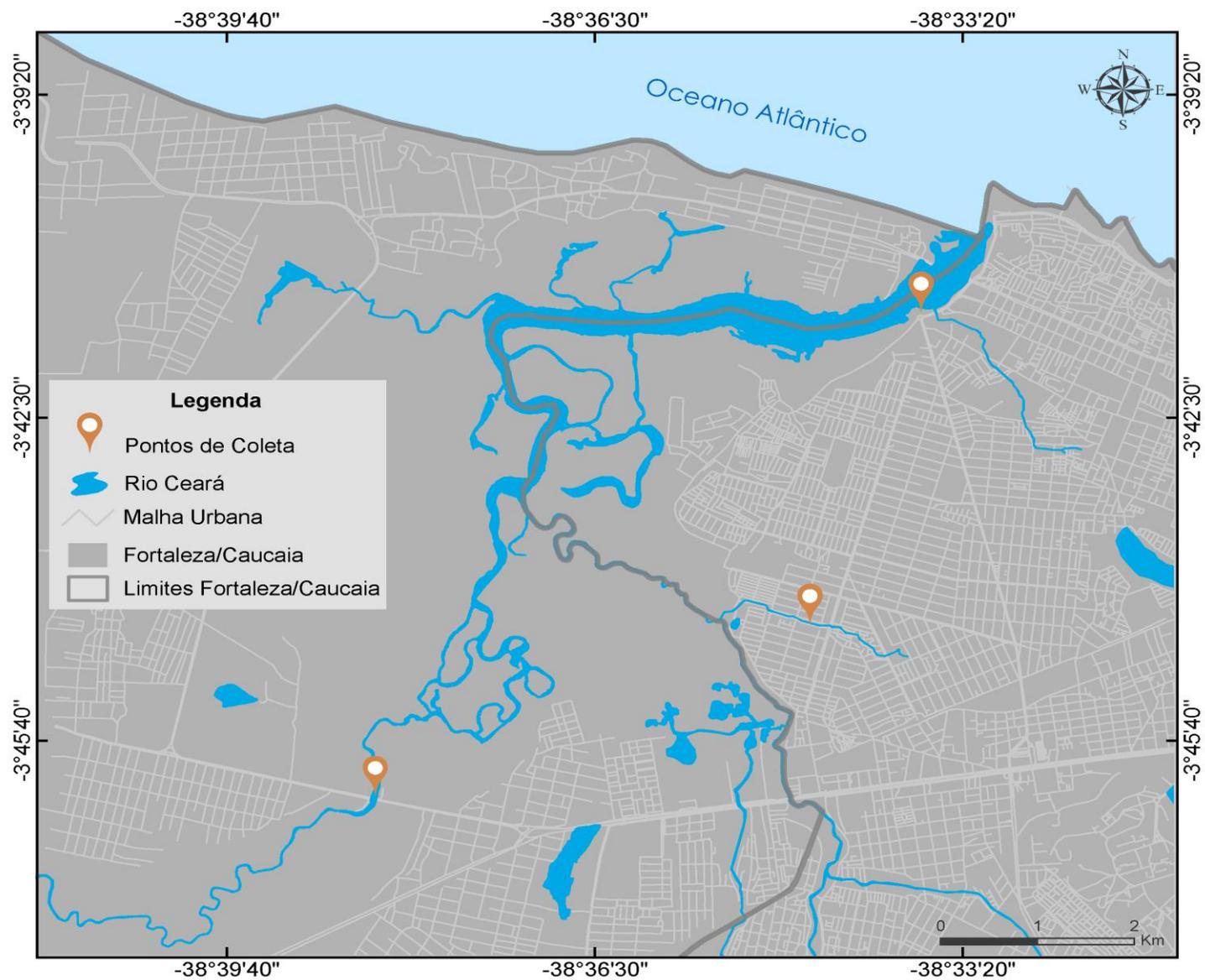
3.2. Metodologia de coleta e avaliação da qualidade da água

As águas sofrem alterações em sua qualidade durante o ciclo hidrográfico, principalmente em razão das inter-relações desse componente com os sistemas sociais. Os recursos hídricos têm capacidade para diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que propiciam a sua autodepuração. No entanto, essa capacidade é limitada devida a quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes. É fundamental para a conservação dos recursos hídricos o tratamento prévio de esgotos urbanos e industriais para que a qualidade destes seja compatível com a sua utilização para os mais diversos fins (ANEEL; ANA, 2001).

A qualidade da água é medida por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. A presença de determinadas substâncias na água pode ser relacionada aos diversos tipos de poluição. Nesse sentido, o monitoramento dos corpos hídricos permite a tomada de medidas que promovam a melhoria da qualidade da água e a redução de impactos causados pelos usos indevidos, além de servirem como subsídios às decisões tomadas pelos gestores de bacias hidrográficas (LANDIM NETO, 2013).

Na presente investigação, foram realizadas coletas em duas fases, sendo a primeira no período seco (setembro de 2015 e novembro de 2015); a segunda no período chuvoso (fevereiro e abril de 2016). Em cada mês foram coletadas 3 amostras de água para análise. As amostras de água foram coletadas no sentido montante-jusante. Foram recolhidas amostras de água de dois pontos no rio Ceará (um mais a montante e outro a jusante, próximo a foz) e em um ponto no rio Maranguapinho, poucos metros antes de desaguar no rio Ceará, como pode ser visto no mapa a seguir (Figura 3).

Figura 3: Mapa de Localização dos pontos e coleta de água.



Fonte: Open Street Maps, 20116.

Para realização da coleta de água em cada ponto, foram definidos os métodos de coleta; os materiais necessários (utilização de equipamentos como luvas e botas de borracha de cano alto); a coleta de dados em campo (através da utilização de uma tabela em caderneta de campo) e a definição do método de preservação e de transporte das amostras (um isopor grande com gelo).

Segundo a NBR 9898 (ABNT, 1987) a coleta de águas superficiais pode ser feita por coleta manual, seguindo os seguintes procedimentos: remover a tampa do frasco; segurar o frasco pela base mergulhando-o rapidamente com a boca para baixo, cerca de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água, evitando a introdução de contaminantes superficiais; direcionar a boca do frasco no sentido contrário à corrente; inclinar levemente o frasco para cima, permitindo a saída do ar e conseqüente enchimento do mesmo; após a retirada do frasco do corpo de água, observar se há um espaço vazio suficiente para permitir uma boa homogeneização da amostra antes do início da análise; fechar o frasco imediatamente, e identificar adequadamente a amostra (no frasco e na caderneta de campo). Após a coleta, os frascos foram armazenados em um isopor com gelo e levados imediatamente ao laboratório onde foram realizadas as análises.

As análises das amostras seguiram as metodologias mostradas no Quadro 1. Todos os resultados foram obtidos em laboratórios, sendo observado em campo os elementos que caracterizam a paisagem de entorno.

Quadro 1: Parâmetros de qualidade da água utilizados com suas respectivas metodologias.

Parâmetros	Metodologias
Fósforo total (Mg/P/L)	Digestão com persulfato
Clorofila a (Ug/L)	Espectrofotométrico
Coliformes termotolerantes	Tubos múltiplos
Salinidade	Salinômetro/ Eletrométrico
pH	Eletrométrico

Fonte: Elaboração do autor.

Devido a área analisada ser um ambiente estuarino, foi utilizado o Índice do Estado Trófico (IET), que reflete a qualidade das águas. O IET classifica os corpos d'água em

diferentes graus de trofia, ou seja, quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito em relação ao crescimento demasiado das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2004).

Este índice utiliza duas variáveis: o fósforo, IET(P), que indica uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo; e a clorofila a, IET(CL), que indica a medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas (*op. cit.*). Assim, o índice médio abrange a causa e o efeito do processo.

O Índice do Estado Trófico é expresso pelo o Índice do Estado Trófico para o fósforo - [IET(P)], e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a - [IET(CL)], modificados por Toledo et al. (1983), conforme as equações:

$$IET(P) = 10 \{ 6 - [\ln (80,32 / P) / \ln 2] \};$$

$$IET(CL) = 10 \{ 6 - [(2,04 - 0,695 \ln CL) / \ln 2] \}.$$

Onde: PT é a concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$; CL é a concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$; ln é o logaritmo natural.

O IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

Dentro da pesquisa de composição química da água, são analisadas as concentrações de fósforo total presentes nas amostras coletadas. A partir desta concentração, as amostras são classificadas como oligotrófica, mesotrófica, eutrófica ou hipereutrófica, conforme indicados na Tabela 9.

Tabela 9 - Classe de estado trófico e suas características principais.

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
= 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET = 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET = 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET = 67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB (2007); LAMPARELLI (2004).

Outro parâmetro químico analisado na área foi a presença de Coliformes Termotolerantes, sendo este um indicativo da emissão de efluentes sanitários sem tratamento no corpo hídrico. Os requisitos de classificação da qualidade da água adotados nesta análise se deram a partir da resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que estabelece a classificação das águas salobras Classe 1, onde são indicados os limites apropriados para o uso predominante no corpo hídrico.

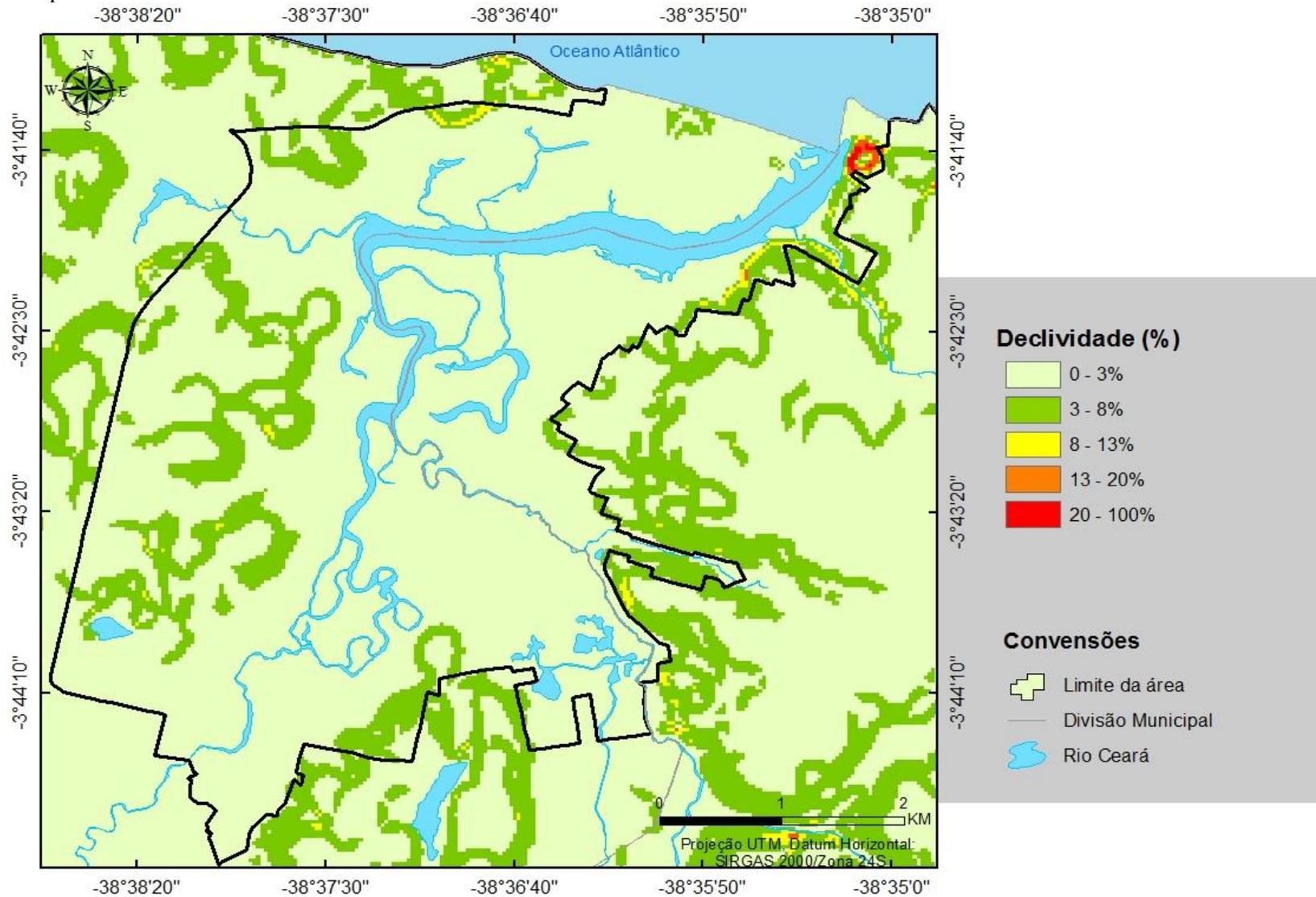
4. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA EM ESTUDO

A compartimentação geoambiental do baixo curso do Rio Ceará foi realizada a partir do enfoque o qual considera o levantamento dos fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos, hídricos, pedológicos, edáficos e bióticos como a base da investigação, a partir da qual se deve realizar um estudo integrado, considerando as interações entre os fatores citados e a intervenção antrópica sobre o meio (ROSS, 1994; 1995). A base para a caracterização desses fatores seguiu os delineamentos apontados nos procedimentos metodológicos e se deu através de trabalhos de campo, interpretação de imagens de satélite e levantamentos de trabalhos previamente realizados.

O limite entre os municípios de Fortaleza e Caucaia divide o baixo curso do Rio Ceará, em uma área que apresenta um quadro geoambiental bastante diversificado e dinâmico devido ao elevado número de agentes e processos ambientais e sociais atuantes nas unidades existentes.

Algumas unidades da área possuem limitações de uso e ocupação devido a características físico-ambientais, como as planícies fluviais e flúvio-marinhas. Estas unidades, se encontram em áreas de baixa altitude, com inundações periódicas, como pode ser observado no mapa de declividade (Figura 4). Já a unidade dos tabuleiros pré-litorâneos apresenta uma área relativamente estável, sendo este um relevo de aspecto tabular, com poucas diferenças altimétricas.

Figura 4: Mapa de Declividade do Baixo Curso do Rio Ceará



Fonte: PMF (1999; 2009)

4.1. Geologia e Geomorfologia

As características geológicas e geomorfológicas da área foram definidas a partir da classificação taxonômica de Ross (1994), na qual as unidades geomorfológicas são divididas em táxons, sendo eles as unidades morfoestruturais, morfoesculturais, padrões de formas e formas de relevo. Devido a escala de trabalho, no mapa geomorfológico são apresentados essencialmente os padrões de formas de relevo (3º táxon) e as formas de relevo (4º táxon).

Vale destacar que não é pretensão da presente pesquisa realizar exaustiva discussão a respeito das condicionantes litoestatigráficas e processos esculturais que condicionaram e condicionam as diferentes formas de relevo presentes na área de estudo. Referidos aspectos foram oportunamente tratados por autores como Souza (1998; 2000); Santos (2011); o Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza (Souza, *et. al.*, 2009) entre outras produções referentes à área de estudo. Intenta-se proceder breve caracterização de modo a compreender como esses componentes possibilitam a compreensão da fragilidade ambiental e como esta se associa com os aspectos socioeconômicos e da qualidade de água no baixo curso do rio Ceará, objetivo principal da presente investigação.

Assim, a unidade morfoestrutural em que a área está inserida é a Coberturas Sedimentares Cenozóicas e as unidades morfoesculturais são a Planície Costeira, os Vales e Planícies de Acumulação e os Glacis de deposição Pré-litorâneos. Os padrões de relevo presentes na área de estudo são: i), faixa de praia ii) dunas móveis, iii) dunas fixas, iv) planície fluviomarinha e v) planície fluvial e vi) tabuleiros pré-litorâneos. Esses padrões de relevo correspondem a diversas formas de relevo, como pode ser observado no seguinte quadro:

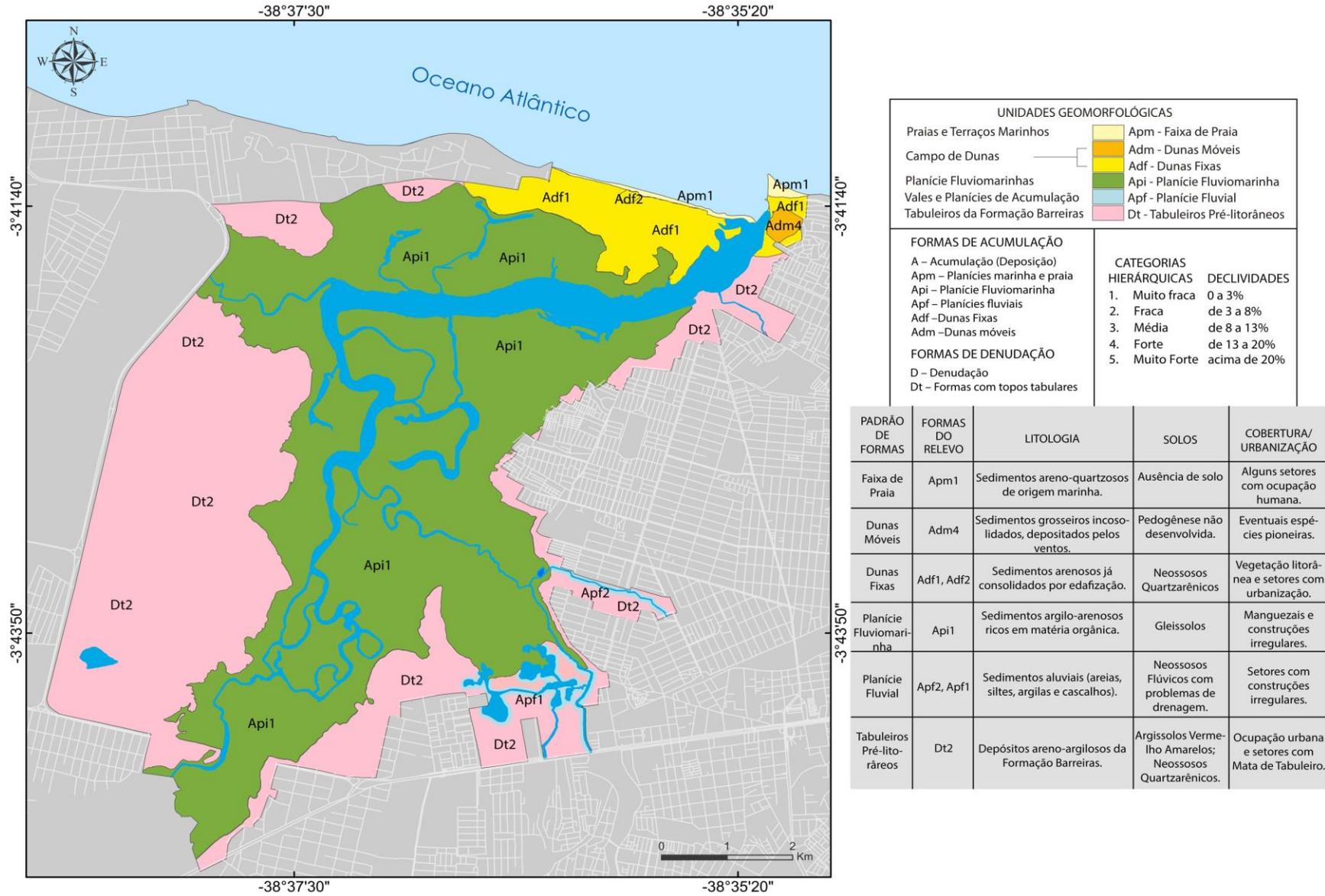
Quadro 2 – Taxonomia do Relevo do baixo curso do Rio Ceará.

Morfoestrutura (1º Táxon)	Morfoesculturas (2º Táxon)	Padrões de Formas de Relevo (3º Táxon)	Formas do Relevo (4º Táxon)	Litologia
Coberturas Sedimentares Cenozóicas	Planície Costeira	Faixa de Praia	Apm1	Sedimentos areno- quartzosos de origem marinha.
		Dunas Móveis	Adm4	Sedimentos grosseiros incosolidados, depositados pelos ventos.
		Dunas Fixas	Adf1; Adf2	Sedimentos arenosos já consolidados por edafização.
		Planície Fluviomarinha	Api1	Sedimentos argilo- arenosos ricos em matéria orgânica.
	Vales e Planícies de Acumulação	Planície Fluvial	Apf2, Apf1	Sedimentos aluviais (areias, siltes, argilas e cascalhos).
	Glacis de deposição Pré- litorâneos	Tabuleiros Pré- litorâneos	Dt2	Depósitos areno- argilosos da Formação Barreiras.

Elaboração e organização: GONÇALVES, 2016.

As referidas unidades geomorfológicas estão mapeadas na figura 5 e, prosseguindo, serão discutidas detalhadamente cada unidade de relevo encontrada na área de estudo.

Figura 5: Mapa Geomorfológico do Baixo Curso do Rio Ceará.



A planície Costeira corresponde aos depósitos sedimentares no cenozoico, com as seguintes feições: faixa praial, dunas fixas e móveis, e planície fluviomarinha.

A faixa de praia e as dunas são feições formadas por sedimentos de origem continental e marinha, que foram transportados e retrabalhados por ação marinha e eólica. A primeira feição é formada, predominantemente, por sedimentos compostos por grãos de quartzo cujas características granulométricas tendem a variar em função do estágio evolutivo da costa (areia grossa a fina), podendo ocorrer, ocasionalmente, a presença de cascalhos próximos às desembocaduras do rio, matéria orgânica e minerais pesados (BEZERRA, 2009). Esse sistema é formado por uma estreita faixa de terra, de largura aproximada de 1-5 Km que apresenta um depósito de sedimentos arenosos que recebem influência de processos marinhos, eólicos, fluviais ou uma combinação desses fatores (SOUZA, 2009).

A faixa de praia pode ser dividida em antepraia, estirâncio (zona entremarés) e pós-praia. A antepraia se situa na zona de arrebentação que se encontra muitas vezes submersa. A berma é mais elevada e está mais abrigada dos efeitos da maré, sendo alcançada pela água do mar na ocorrência de eventos excepcionais como as marés sizígia associadas a ondas de *swell*. A pós-praia localiza-se após a berma, sendo uma área de transição entre a praia e as dunas.

As feições de dunas, “originalmente, formavam cordões contínuos que acompanhavam paralelamente a linha de costa, interrompidas somente por pequenas planícies fluviais e pelas planícies flúvio-marinhas.” (SOUZA *et. al.*, 2009). Na área de estudo, as dunas se encontra completamente descaracterizado em face da ocupação desordenada, sobretudo, com ocupação urbano-residencial, impedindo sua dinâmica natural de mobilização.

A faixa de praia e as dunas são interrompidos pela planície flúvio-marinha do Rio Ceará. Segundo Souza (2000) as planícies flúvio-marinhas do Estado do Ceará são caracterizadas pela combinação de agentes fluviais e marinhos, apresentam Gleissolos continuamente afetados pelas marés com presença de vegetação de mangue. Essa feição é litologicamente composta por depósitos siltico-argilosos, com presença de matéria orgânica, oriundos do transporte fluvial.

Na área analisada, os Vales e Planícies de Acumulação se apresentam na presença de planícies fluviais, que são compostas por sedimentos aluviais, predominantemente areias finas e médias, com cascalhos inconsolidados, siltes, argilas e

matéria orgânica (SOUZA *et. al.*, 2009). São áreas com bom potencial hidrogeológico, devido a porosidade do material que o constitui.

Os glaciais de deposição pré-litorâneos correspondem aos depósitos da Formação Barreiras que se distribuem ao longo do litoral como uma faixa de espessura variável em relação à superfície irregular do embasamento cristalino, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular (BRANDÃO, 1995).

A Formação Barreiras se formou em uma idade Miocênica superior a Pleistocênica. Os sedimentos são predominantemente continentais, tendo sido depositados sob condições de um clima semiárido sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas (BEZERRA, 2009).

A litologia dessa feição é composta por material de textura areno-argilosa de cor creme, amarelada ou vermelha, de sedimentos mal selecionados, formando um relevo tabuliforme de espessura variável que mergulha suavemente em direção ao litoral, com declives não superiores a 5° (SOUZA, 2000).

4.2. Clima e Recursos hídricos

O clima é um fator essencial na análise das condições ambientais, pois ele influencia a distribuição e a disponibilidade dos recursos hídricos superficiais e sub-superficiais além de controlar a ação dos processos exógenos (SOUZA, *et. al.*, 2009). Segundo Zanella & Moura (2013, p.2) “O clima constitui-se em uma das dimensões do ambiente urbano e sua alteração promove impactos sobre a saúde, o conforto e as atividades dos cidadãos.” Assim, a análise das condições climáticas que atuam na área de estudo resulta do levantamento de dados da FUNCEME e de trabalhos desenvolvidos por Souza *et. al.* (2009), Santos (2011), Zanella (2014), Zanella & Moura (2013) e Moura (2008).

O clima de Fortaleza e Caucaia é comandado pela ocorrência e intensidade de diversos sistemas atmosféricos. Esses sistemas meteorológicos são a ZCIT – Zona de Convergência Intertropical e T.A. – Sistema Tropical Atlântico em macro escala; VCAS- Vórtice Ciclônico de Ar Superior e CCM- Complexos Convectivos de Mesoescala ou CCS- Complexos Convectivos de Escala Subsínótica, LI- Linhas de Instabilidade e Ondas de Leste agindo em mesoescala e brisas marítimas e terrestres em escala local (MOURA, 2008).

Estes sistemas agem em áreas equatoriais de baixa latitude provocando instabilidade no período sazonal no verão e outono com ocorrência de chuvas concentradas no

quadrimestre que vai de fevereiro a maio, seguidos de um período de estabilidade atmosférica nas estações de inverno e primavera meridional (ZANELLA, 2014).

Dentre esses sistemas, a ZCIT comanda a circulação atmosférica na região e é o principal fator na determinação da intensidade de chuvas do baixo curso do Rio Ceará na quadra chuvosa. A ZCIT apresenta um deslocamento sazonal do hemisfério norte ou para o sul, influenciado pelas mudanças dos ventos alísios e da temperatura de superfície do mar (TSM) (op. cit.).

As características das variáveis que serão tratadas a seguir são referentes aos dados fornecidos pela estação meteorológica Campus do Pici, em Fortaleza, no departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências agrárias da UFC (nas coordenadas geográficas: 03° 44' S e 38° 33' W). Esse posto foi escolhido devido a estação ter regularidade na coleta dos dados e, principalmente, por sua proximidade com a área analisada.

Durante a quadra chuvosa, a temperatura média sofre pouca variação, como pode ser observado no gráfico 02. Nesse período chove aproximadamente 72% do total médio anual, conforme o cálculo $[(1422,9/1030,8) \times 100\%]$ feito a partir dos valores apresentados na tabela 10.

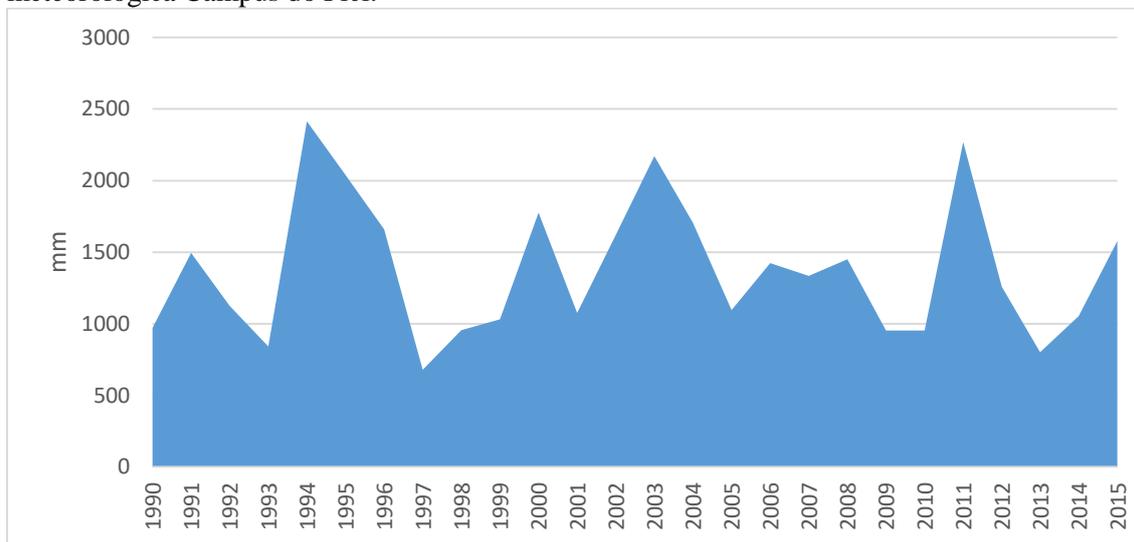
Tabela 10 – Total mensal de precipitação, segundo a estação meteorológica Campus do Pici no período de 1990 a 2015 (mm).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1990	48,5	113,8	86	278,6	192,8	38,9	97,4	11,2	41,2	16,7	12	32,7
1991	23,9	230	491	437,7	157,3	72,4	7,8	13	0,7	56,4	5,1	0
1992	116,3	228,3	263,7	249,1	88,9	122,8	13,1	23,9	9	5,5	4	0,9
1993	40,8	113,1	210,3	204,5	87,9	56,8	50,2	26,2	11,7	7,6	7,7	24,7
1994	119,3	218,4	503,9	477,5	296,3	572,4	115,6	18,7	25,8	4,9	5,7	56,1
1995	117,6	231,3	459	638,1	334,9	144,4	61,3	3,1	1,5	15,7	29,5	3,3
1996	100,8	258,8	455,6	374,9	282,9	65,5	24,2	58,2	10,7	14,4	4,4	10,1
1997	18	51,7	160,6	212,6	213,9	1,3	0	0	0	0	0	20
1998	218,3	52,2	340,6	154,9	91	73,3	3,6	0	0	7,8	2,8	9,7
1999	67,2	130,1	193,5	292,7	238	27	1,8	11,3	0	1,2	12	56,4
2000	209,9	170	336	476,3	159,5	45,2	142,7	65,2	156,2	1,2	9,3	5
2001	103,2	85,7	148,3	616,8	70	52,5	0	0	0	0	0	0
2002	283,3	92,6	310	499	133,1	173,2	128,8	0	0	0	0	0
2003	155	342,8	542,2	468,3	301,2	272,1	12,1	25,7	17,5	3,1	13	17,6
2004	319,6	207,7	471,7	192	81,3	277,9	121,8	11,2	15,3	1,5	0,2	5,2
2005	9,3	87,3	255	202,5	335,2	150,5	23,2	9,2	1,6	0	8,2	13
2006	55,4	74,9	203,9	398,7	405	189,3	55,5	12,5	10,4	3,2	2,7	11,5
2007	36,5	279,8	335,5	226	181,6	81	78,1	1	14	0,9	13,4	87,5
2008	255,8	75,3	248,9	490,4	223,7	77,9	21,7	34,3	0	0	9	13,1
2009	140,7	304,9	451	510,3	302,9	208,3	215,4	37,8	1,8	1,4	4,1	40,3
2010	35,9	47,1	206,1	334	167,2	59,4	44,9	0	0	0	0	58,3
2011	681,6	456,4	239,8	346	198,5	128,2	130,7	50,2	0	23,8	7,3	6,7
2012	48,1	173,2	488,6	169,7	101,1	271,7	1,1	0	0	0	0,7	4,6
2013	38,3	117,4	50,3	156,3	150,3	157,7	89,1	10,6	17,4	2,6	9,4	1,8
2014	63,4	115,1	218,5	272	237,6	32,6	43,2	10,5	17	6,6	17,7	19,3
2015	105,5	194,7	418,6	445,4	102,4	92,1	151,6	11,2	12,7	16,8	2,4	24,4
Média mensa	131,238 5	171,2 538	311,1	350,934 6	197,4 808	132,476 9	62,88 077	17,11 538	14,01 923	7,357 692	6,946 154	20,08 462

Fonte: FUNCEME, 2016.

A irregularidade das chuvas também pode ser observada nos padrões pluviométricos anuais durante o período detalhado no gráfico 01. A variabilidade de chuvas anuais depende da atuação dos sistemas climáticos, principalmente a ZCIT.

Gráfico 1- Variação de precipitação durante os anos de 1990 a 2015 segundo a estação meteorológica Campus do Pici.



Fonte: FUNCEME, 2016.

Segundo Souza (2000), o aumento das taxas de temperatura e radiação solar no segundo semestre associadas a baixas precipitações contribuem para o aumento das taxas de evaporação no segundo semestre do ano.

Segundo os dados apresentados, podemos perceber a grande irregularidade de chuvas não somente durante os meses, mas também ao longo dos anos. Essa variabilidade está associada com sistemas climáticos globais como ZCIT, El Niño e La Niña, além da temperatura dos oceanos. As variações pluviométricas atingem diretamente na maior ou menor vazão do Rio Ceará e, conseqüentemente, atingem de forma direta as pessoas que dependem desse recurso hídrico.

As características hídricas do sistema fluvial são dependentes dos fatores climáticos, mas, também, das propriedades litológicas, dos aspectos geomorfológicos, fitoecológicos e de uso e ocupação da área (SANTOS, 2011).

Assim, analisando as condições naturais da área do baixo curso do Rio Ceará, temos um clima quente e úmido, com chuvas, normalmente, concentradas em um período do ano (quadra chuvosa) onde há um aumento da vazão do rio. Quanto a litologia, em razão das coberturas sedimentares há um bom potencial de águas subterrâneas.

Sob os tabuleiros pré-litorâneos, predominam os terrenos termoporosos, que causam uma maior retenção de água no solo, alimentando o lençol freático, que afloram em forma de lagoas; e fazendo com que o escoamento superficial passe a ser perene, com padrão de drenagem paralelo ao curso principal do rio (*op. cit.*).

Essas características climáticas auxiliam no entendimento dos impactos socioambientais associados aos desastres naturais, que atingem a população de forma desigual, principalmente na cidade. Por exemplo, os municípios do Estado do Ceará que são mais atingidos por inundações, frequentes nos meses considerados mais chuvosos (fevereiro a maio), foram aqueles com um maior grau de urbanização ou em áreas com maior vulnerabilidade social, em ambientalmente instáveis ou com infraestrutura precária (MONTEIRO, 2011).

4.3. Solos, Vegetação e Fauna

As características dos solos e de determinada área são resultantes das relações entre as condicionantes climatológicas, litológicas e de relevo, que por sua vez dão condições para o desenvolvimento da vegetação. Segundo Bigarella *et. al.* (1996), o relevo desempenha um importante papel ao afetar o processo de formação dos solos, além de influir na drenagem do terreno. A conservação dos solos depende da resistência que a camada superficial e vegetação oferecem à erosão.

A seguir serão discutidos os solos e a vegetação da área, associando com as condicionantes supracitadas e também as atividades humanas que são um agente ativo na transformação dessas feições.

Os solos identificados no baixo curso do Rio Ceará foram: Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos Sálidos. Nesse sentido, o quadro a seguir mostra a associação da unidade de relevo com o tipo de solo e a vegetação correspondente:

Quadro 3- Associação do compartimento geomorfológico, classes de solos e unidades fitoecológicas do baixo curso do Rio Ceará.

Compartimento geomorfológico	Classes de solos	Unidades Fitoecológicas
Planície Litorânea	Neossolos Quartzarênicos	Complexo vegetacional litorâneo
	Gleissolos Sálícos	Mangue
Vales e Planície de Acumulação	Neossolos Flúvicos	Mata ciliar
Tabuleiros pré-litorâneos	Neossolos Quartzarênicos	Mata de tabuleiro

Elaboração e organização: GONÇALVES, 2016.

Os Neossolos Quartzarênicos são constituídos por material mineral ou material orgânico, com espessura de menos de 30 cm, e possui horizontes A e C, não exibindo qualquer tipo de horizonte B. Esses solos são essencialmente quartzosos, apresentando frações de areia grossa e areia fina (EMBRAPA, 2006). São solos que se caracterizam por serem muito profundos e excessivamente drenados com baixa fertilidade natural, e apresentam uma coloração esbranquiçada ou amarelada. Está associado à planície litorânea (faixa de praia e campo de dunas) e a setores dos tabuleiros litorâneos.

Os Gleissolos Sálícos são solos compostos por material mineral com horizonte glei imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei (EMBRAPA, 2006).

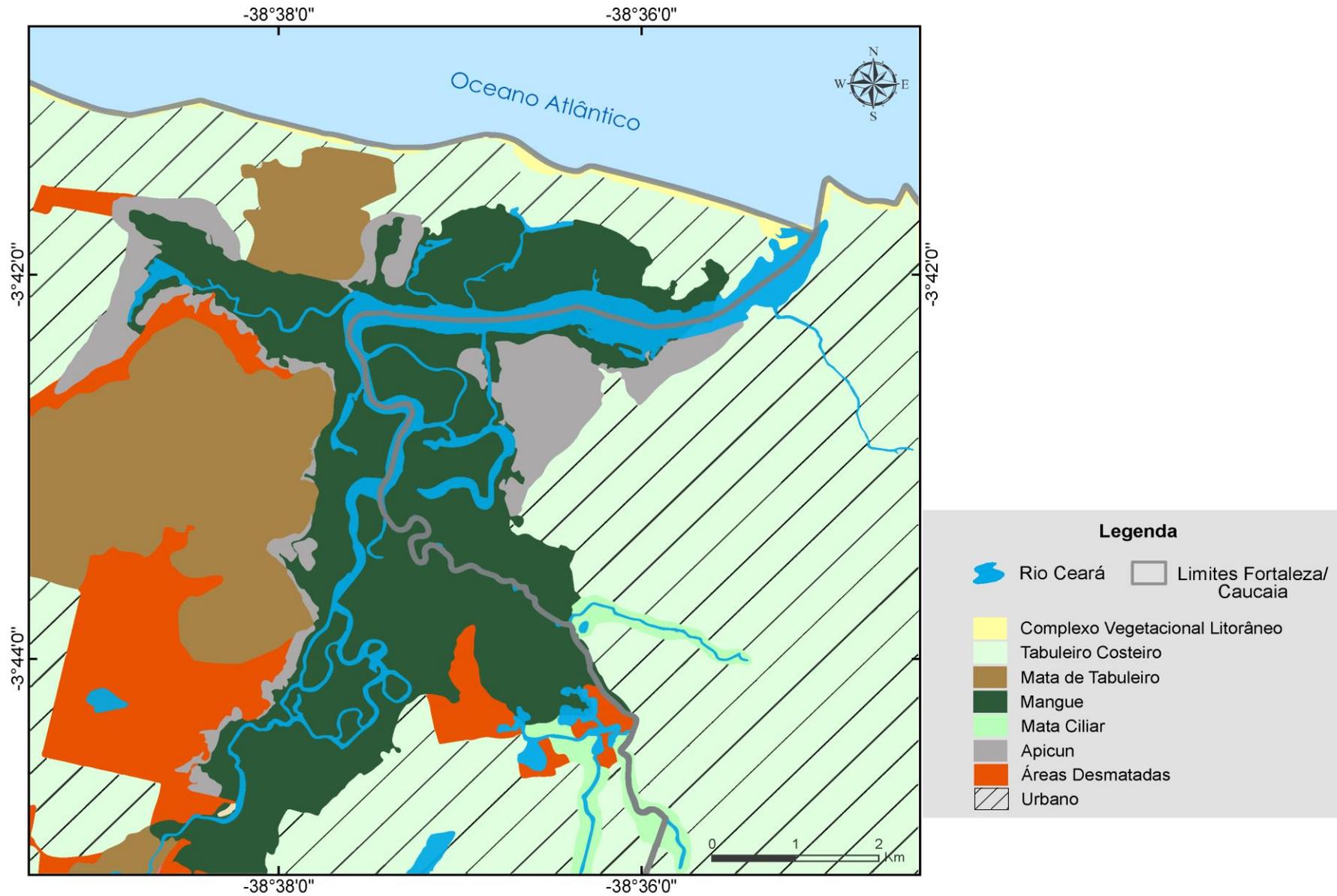
São solos com caráter sálico e sódico, sendo formados por acumulações flúvio-marinhas e compostos por sedimentos argilo-siltosos e até arenosos e outros em mistura com detritos orgânicos devida a decomposição da vegetação e da atividade biológica produzida pela fauna que habita a planície flúviomarinha (DE PAULA, 2008).

Os Neossolos Flúvicos são formados a partir da sedimentação fluvial, com camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. Estão distribuídos ao longo dos rios, possuem boa fertilidade natural (EMBRAPA, 2006). Seus solos são predominantemente profundos, mal drenados, de textura indiscriminada e média com alta

fertilidade natural. Esses solos passam por períodos de estiagem e períodos onde ficam encharcados e excesso de água durante a estação chuvosa, o que constitui o principal fator limitante ao uso e ocupação.

Quanto ao recobrimento vegetal, segundo Souza *et. al.* (2009), este é o componente ambiental que melhor reflete as relações mútuas entre os demais componentes ambientais. Assim, foram discriminadas as seguintes classes de cobertura vegetal: Mangue, apicum, vegetação de praia, vegetação de dunas, mata ciliar e vegetação de tabuleiro, como podem ser observadas no mapa de vegetação (Figura 6).

Figura 6: Mapa de Vegetação do Baixo Curso do Rio Ceará.



A vegetação original predominante no baixo curso do Rio Ceará é a de mangue (Arboreto Edáfico Marino-limoso), típica do ecossistema manguezal que se desenvolve em locais de transição entre os ambientes terrestre, fluvial e marinho, quando há encontro de água doce com o mar através de uma intrincada rede de relações que envolvem a troca de matéria e energia em ciclos contínuos.

A água salobra formada pela subida da maré dá condições para o desenvolvimento de um bosque de mangue na área onde podemos encontrar, principalmente, as espécies *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho); *Laguncularia racemosa* (mangue-branco); *Avicennia schaueriana* e *germinans* (mangue-preto) e *Conocarpus erectus* (mangue-de-botão) (FERNANDES; PERIA, 1995).

A complexidade desse ecossistema favorece a presença de diversas espécies de animais, como crustáceos, peixes, moluscos, aves, répteis, entre outros. Dentre as espécies mais encontradas estão o aratu-vermelho (*Goniopsis cruentata*), ostras (*Crassostrea rizophorae*), siri (*Callinectes* spp), além de aves como o sibite-de-mangue (*Conirostrum bicolor*). Além destas, existe também a presença de uma microfauna responsável pelos processos de decomposição da matéria orgânica, abundante nesse ambiente (*op. cit.*).

O Apicum, refere-se a zona menos inundada do manguezal, na transição para a terra firme. É normalmente desprovida de vegetação arbórea, com elevada concentração de sais no solo, e onde se desenvolvem espécies herbáceas tais como a *Batis matitima* (bredo-do-mangue), *Iresine portulacoides* (bredo-da-praia) e *Sesuvium portulacoides* (bredo). Essa feição sofre sérios impactos devida falta de uma definição apropriada, o que dá margem a questionamentos sobre se o apicum faz parte ou não do ecossistema manguezal (MEIRELES *et. al.*, 2007). Isso contribui para a efetivação de uma ocupação desordenada nessas áreas.

A vegetação de praia, segundo Souza (2000), depende das condições do terreno, ou seja, da menor ou maior proximidade com o mar. Ainda segundo o autor, as espécies mais comuns são a “*Iresine portulacoides* (bredinho de praia), *Remirea marítima* (cipó de praia), *Borreria marítima* (cabeça branca), *Sesuvium portulacastrum* (beldroega de praia)” (*op. cit.*, p. 51), etc.

A presença de vegetação nas áreas de dunas é essencial no processo de retenção de sedimentos e pedogênese, tornando-a fixa. Nas dunas móveis, onde não há revestimento vegetal o trânsito de areias é livre e contínuo durante a estação seca (*op. cit.*). A vegetação subperenifólia de dunas desenvolve-se nas dunas mais antigas e

estabilizadas, que foram previamente ocupadas pela vegetação pioneira. Na área analisada, o complexo vegetacional litorâneo é escasso, tendo sido substituído por equipamentos urbanos e ocupação desordenada.

A mata ciliar (Arboreto Edáfico Fluvial) está associada as margens do rio e seus afluentes. É formada por espécies adaptadas a períodos de inundações e períodos de estiagens dos solos. A carnaúba (*Copernicia prunifera*) é a espécie mais característica desta classe vegetacional. A mata ciliar na área compreende as margens do Rio Maranguapinho, tendo praticamente desaparecido em alguns trechos em que o rio foi canalizado.

A vegetação subperenifólia de tabuleiros (Frutíceto Estacional Semi-caducifólio Esclero-mesomórfico), segundo Souza (1988, p. 55), “abrange principalmente as áreas dos Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos e as areias quartzosas. As plantas que compõem esse agrupamento têm, comumente, porte arbustivo ou arbóreo/arbustivo.” Originalmente, a vegetação de tabuleiro era mais densa, porém, foi progressivamente degradada, fazendo com que atualmente haja um substancial domínio de arbustos (op. cit.). Na área analisada do baixo curso do rio Ceará, a mata de tabuleiro mais conservada se encontra no município de Caucaia, tendo sido praticamente toda desmatada em Fortaleza.

Quanto a composição florística, apresenta transição entre as espécies do complexo vegetal litorâneo e das caatingas, dentre os quais se destacam: *Anacardium occidentale* (cajuero), *Bauhinia unguolata* (mororó), *Byrsonina crassifolia* (murici), *Guettarda angelica* (angelica), *Mouriri cearensis* (manipuça), entre outras (CEARÁ, 1998).

4.4. Síntese Geoambiental do Baixo Curso do Rio Ceará

A compartimentação geoambiental do baixo curso do Rio Ceará foi realizada a partir de trabalhos de campo, análise de imagens de satélite e a partir das contribuições de Souza (2000); Souza *et. al* (2009), De Paula (2008), Fachine (2007), Santos (2011), Santos (2015) e Santo e Ross (2012).

Os sistemas ambientais foram identificados e hierarquizados segundo as inter-relações dos seus componentes, previamente apresentados no capítulo anterior. A análise a seguir também segue os preceitos de Ab’Sáber (1969), principalmente a fisiologia da paisagem (terceiro nível), onde são investigados o funcionamento e a dinâmica da paisagem no presente, analisando os processos atuais de cunho naturais e sociais.

Nesse sentido, foram identificados os seguintes sistemas ambientais: i) Planície Litorânea, sendo essa subdividida em i.i) Faixa praial de Fortaleza, i.ii) Faixa praial de Caucaia, i.iii); Dunas móveis, i.iv) Dunas Fixas, v) Planície flúvio-marinha na foz, e vi) Planície flúvio-marinha; ii) Planície fluvial do Rio Maranguapinho e iii) Tabuleiros Pré-litorâneos. Essas feições foram sintetizadas no quadro 04.

Quadro 4 - Síntese da compartimentação dos sistemas ambientais do baixo curso do Rio Ceará.

SÍNTESE DA COMPARTIMENTAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS			
SISTEMA AMBIENTAL	CRONOLITOESTRA-TIGRAFIA	GEOMORFOLOGIA	SOLOS E COBERTURA VEGETAL
Faixa praial de Fortaleza	Sedimentos marinhos de idade holocênica, com areias de granulação de finas a grosseiras.	Estreita faixa arenosa de acumulação marinha e fluvial.	Cobertura vegetal incipiente. Presença de barracas de praia e muros de contenção (espigões) devida erosão marinha.
Faixa praial de Caucaia	Sedimentos marinhos de idade holocênica, com areias de granulação de finas a grosseiras.	Larga faixa arenosa de acumulação marinha e fluvial no estuário. Presença de rochas de praia “beach-rocks”.	Cobertura vegetal incipiente devido ao intenso transporte de sedimentos e ação das ondas. Intensa ocupação da berma.
Dunas móveis	Depósitos de areias não sedimentadas de idade holocênica incosolidadas, com areias selecionadas pela ação do vento.	Relevo elevado formado por acumulação sedimentar, arenosa, a partir de processos eólicos.	Pedogênese não desenvolvida, com presença de espécies pioneiras.
Dunas Fixas	Depósitos de areias de idade holocênica, originalmente dispostos paralelamente à linha de costa e interpondo-se à setores da Formação Barreira.	Relevo formado por acumulação sedimentar, a partir de processos eólicos.	Solos tipo Neossolos Quartzarênicos com drenagem excessiva, e baixa a muito baixa fertilidade natural. Se encontra intensamente ocupada.
Planície flúvio-marinha na foz	De idade Cenozoica, é composta por sedimentos argilo-arenosos. Lugar de intensa troca de matéria e energia devida oscilação das marés.	Planície de acumulação próxima à foz do tipo estuário, onde há apenas um canal de desague do rio.	A área de estuário se encontra intensamente urbanizada, com construções nas margens do rio.

Planície flúvio-marinha	Ambiente rico em matéria orgânica, composta por sedimentos argilo-arenosos.	Planície de acumulação complexa, periodicamente inundável, com presença de canais fluviais.	Composta por Gleissolos lodosos, profundos, ricos de matéria orgânica em decomposição. Ambiente com vegetação de mangue com pouca presença urbana nas margens do rio.
Planície fluvial do Rio Maranguapinho	Sedimentos aluviais quaternários, compostos por areias mal selecionadas.	São topograficamente planas. Ambientes de acumulação, originados pela deposição fluvial.	Solos tipo Neossolos flúvicos, com mata ciliar bastante descaracterizada pela intensa ocupação urbana.
Tabuleiro Litorâneo de Fortaleza	Sedimentos de idade plio-quaternária da Formação Barreiras. Sedimentos areno-argilosos mal selecionados de cores esbranquiçadas ou amarelo-avermelhadas.	Relevo plano de aspecto rampeado, com suave declividade em direção ao litoral em direção ao litoral.	Argissolos vermelho amarelos e Neossolos Quartzarênicos. Setor com elevada ocupação urbana.
Tabuleiro Litorâneo de Caucaia	Sedimentos de idade plio-quaternária da Formação Barreiras. Sedimentos areno-argilosos mal selecionados de cores esbranquiçadas ou amarelo-avermelhadas.	Relevo plano de largura variável, situada a retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais.	Argissolos vermelho amarelos e Neossolos quartzarênicos recobertos por mata de tabuleiros com alguns setores desmatados.

Fonte: GONÇALVES, 2016. Adaptado de Souza (2000); Souza *et. al* (2009).

1. Planície Litorânea

A Planície litorânea é um sistema diferenciado devido a sua intensa dinâmica e por ser uma área de transição entre os ambientes marinho, continental e fluvial. Tricart (1977) aponta que o litoral é um ambiente complexo devido a sua grande instabilidade e dinâmica que formam os diversos sistemas ambientais integrados por fluxos de matéria e energia.

A Planície litorânea possui um bom potencial de recursos hídricos superficiais e subsuperficiais, em função da litologia arenosa que permite o acúmulo de água no subsolo, formando aquíferos. Os solos são predominantemente arenosos, imaturos e pouco desenvolvidos, com destaque a presença de Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos.

A formação desse ambiente se deu por diferentes fatores (oscilações do nível do mar no quaternário, ação das ondas, correntes marinhas, agentes climáticos, entre outros), que ainda atuam remodelando a paisagem (SILVA, 1997). Assim, a planície litorânea é um “ambiente dinâmico e de extrema fragilidade ambiental, em decorrência da ação dos processos de erosão, transporte e acumulação que atuam ao longo desses ambientes costeiros, tornando-os sujeitos a condições de forte instabilidade ambiental” (SOUZA, 2000, p. 49). A seguir serão analisadas as feições que compõe a planície litorânea do baixo curso do Rio Ceará:

- Faixa de Praia

Essa feição tem idade cenozoica, com constituição litológica de sedimentos arenosos mal selecionados de granulação média a grossa. Ocasionalmente também podem ser encontrados seixos, restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados tendo sido depositados por processo marinhos e continentais, sendo volumosos demais para serem transportados por processos eólicos. Esses sedimentos são recobertos por solos tipo Neossolos Quartzarênicos marinhos, com praticamente nenhuma vegetação presente. Devido aos processos morfogenéticos intensos, a pedogênese é quase nula.

A faixa de praia presente na área de estudo é dividida pelo Rio Ceará, sendo a leste a praia da Barra do Ceará em Fortaleza e a oeste a praia de Iparana em Caucaia. Em ambas, a faixa praias é ocupada por um conjunto de barracas de baixa infra-estrutura, sendo as de Fortaleza maiores e mais movimentadas apoiadas no antigo pólo de lazer da Barra do Ceará.

- Faixa praial de Fortaleza – praia da Barra do Ceará:

Em Fortaleza, a faixa de praia foi descaracterizada, tendo formato triangular por se encontrar entre um espigão⁴ a direita e um paredão de pedras a esquerda, construídos para retenção dos sedimentos arenosos marinhos no local e paliativamente impedir a erosão causada pelas intervenções promovidas na orla de Fortaleza. Na zona de berma foi construída a praça Santiago, onde se situa o marco zero de Fortaleza.

Com as obras do projeto Vila do Mar, que contempla as praias da Barra do Ceará, Cristo Redentor e Pirambu, foram construídos calçadões com iluminação, equipamentos esportivos, pavimentação e paisagismo da via, além de obras de drenagem e proteção da encosta.

- Faixa praial de Caucaia – setor leste da praia de Iparana:

A continuação da praia, em Caucaia, é larga com alguns bancos de areia, sendo formada por sedimentos depositados pelo Rio Ceará (Figura 7).

Figura 7– Faixa de praia em Caucaia, com presença de barracas.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

⁴ Estruturas instaladas no intuito de conter a intensa erosão das praias de Fortaleza em decorrência da construção do Porto do Mucuripe em 1939.

Nesse setor, há deposição de sedimentos imediatamente na foz. Nessa área há uma grande quantidade de barracas mais simples (Figura 06). Porém, alguns metros mais a oeste, a faixa de praia se estreita, tendo sido em grande parte ocupada por habitações.

Na área da foz, o Rio Ceará é segmentado pela ponte (Figura 8) que permite o acesso entre os municípios de Fortaleza e Caucaia. Inaugurada em 1997 a ponte José Martins Rodrigues possui 633,75 metros de pista dupla. (NOBRE, 2013)

Figura 8 – Ponte sobre o Rio Ceará.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

- Dunas

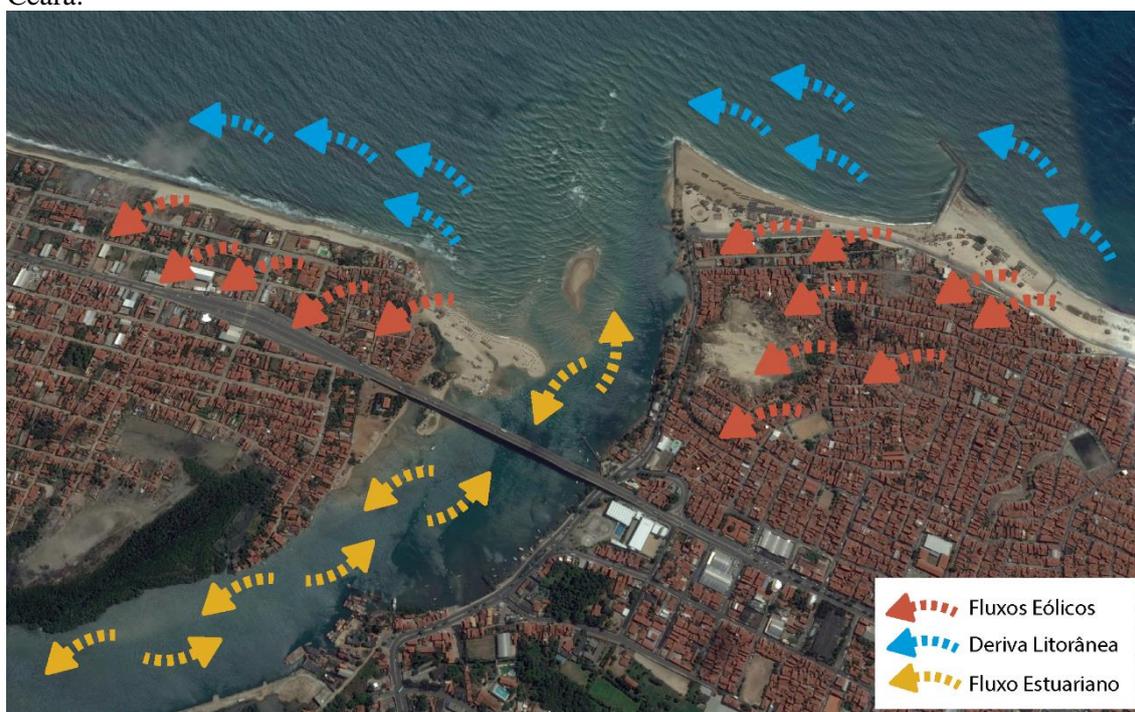
Segundo Souza (2000, p. 52), as dunas são “ambientes fortemente instáveis, onde há primazia dos processos morfogenéticos, o que confere a essas áreas forte vulnerabilidade ambiental aos processos de uso e ocupação do solo.”. Porém, essa fragilidade é maior nas dunas móveis ou em processo de formação.

As dunas são litologicamente constituídas por sedimentos areno-quartzosos holocênicos, de granulação fina a média, amarelo-esbranquiçados, bem selecionadas e eventualmente, exibindo uma maior compactação. Em sua maioria, esses sedimentos foram transportados pelos rios até a zona litorânea, depois depositados na faixa praias pela

deriva litorânea e os ventos, sendo finalmente transportados pelos ventos alísios (cuja direção dominante é de leste para sudeste) para o interior do Continente em períodos de maré baixa, quando os grãos ressecam (SILVA, 1997).

No baixo curso do Rio Ceará, os sedimentos se depositavam nas dunas, na margem direita do Rio Ceará e posteriormente entravam no sistema estuarino. Devida à deriva litorânea, esses sedimentos também alimentavam as praias situadas a oeste da foz do rio (Iparana, Icaraí e Cumbuco). Porém, o transporte desses sedimentos foi bloqueado pela intensa urbanização (aumento de arruamentos e construções horizontais) das praias do Pirambu e Goiabeiras que impediu de forma permanente a continuação da mobilização das areias para as dunas (MEIRELES *et. al.*, 2001; SANTOS, 2011). A Figura 9 mostra de forma simplificada a dinâmica do fluxo sedimentar.

Figura 9 – Representação esquemática da dinâmica do fluxo sedimentar no baixo curso do Rio Ceará.



Fonte: GONÇALVES, 2016. Imagem IPECE (2013)

Foi essa interrupção do transporte de sedimentos a partir da urbanização que ocasionou a acentuada erosão da faixa de praia à direita do rio Ceará e justificou a construção de um molhe perpendicular à praia. A retenção de sedimentos no local tem como consequência a erosão das praias a esquerda da foz, em Caucaia.

O campo de dunas da área é composto por dunas fixas, por terem sido fixadas tanto pela vegetação, como pela ocupação urbana, compactando seus sedimentos,

impedindo assim seu transporte e movimentação (Figura 10). Destaca-se a duna próxima à comunidade do Morro de Santiago que se encontra isolada, sem alimentação de sedimentos e em processo de completa fixação pela urbanização.

Figura 10 – Ocupação do campo de dunas no baixo curso do Rio Ceará, na comunidade do Morro de Santiago.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

- Planície Fluvio-marinha

Nessa unidade é onde se desenvolve o manguezal, um ecossistema que possui uma grande importância ecológica e econômica por sua grande biodiversidade marinha, sendo considerado um “berçário” natural de grande parte da fauna, tanto para as espécies características desses ambientes como para peixes e outros animais que migram para as áreas costeiras durante, pelo menos, uma fase do ciclo de sua vida (nascimento, alimentação, reprodução) (SILVA, 1997). A Planície fluvio-marinha do Rio Ceará foi subdividida em duas, a porção próxima a Foz, mais descaracterizada pela urbanização e uma após a Foz, mais conservada quanto a vegetação.

- Planície fluviomarinha na foz:

Ao longo da história de ocupação da área, o manguezal foi descaracterizado, devida a antiga utilização por atividades econômicas, como as salinas, e retirada da vegetação como matriz energética e base para construção civil e naval. Posteriormente, o declínio da atividade salineira propiciou a recuperação dessas áreas que não foram ocupadas pela urbanização ou atividade industrial naval, sobretudo, nas proximidades da foz do Rio (Figura 11). Atualmente verifica-se um avanço da urbanização, sobretudo, com ocupações de áreas em risco (Figura 12).

Figura 11: Ocupação irregular na margem do Rio Ceará



Fonte: GONÇALVES, 2016.

Figura 12: Imagem do Estuário do Rio Ceará



Fonte: Google Earth Pro

- Planície fluviomarinha:

Logo antes da foz, onde a urbanização não avançou tanto, há o desenvolvimento de um ecossistema manguezal que vai se tornando mais exuberante rio acima. A vegetação de mangue (Figura 13) atua na estabilização e regulação do litoral, como amortecedor da erosão costeira através da fixação dos solos, além de proteger a linha de costa e as margens contra inundações e impacto das marés (SILVA, 1997).

Figura 13: Bosque de mangue arbóreo da planície flúvio-marinha do Rio Ceará.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

A dinâmica desse ecossistema é regida, principalmente, pelo regime de marés que oscila quatro vezes por dia. De fato,

As marés são o principal mecanismo de penetração das águas salinas nos manguezais. Essas inundações periódicas tornam o substrato favorável a colonização pela vegetação de mangue, isso porque excluem plantas que não possuem mecanismos de adaptação para suportar a presença de sal. ” (FERNANDES; PERIA, 1995, p. 14).

O manguezal também possui uma importante função na manutenção de atividades socioeconômicas associadas à produção pesqueira na comunidade. Pescadores e pescadoras artesanais retiram do manguezal búzios, siris, entre outros animais, que suprem as necessidades proteicas alimentares e econômicas dos mesmos (Figura 14).

Figura 14: Atividade de pesca com rede no Rio Ceará.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

O ecossistema manguezal possui alta fragilidade frente a qualquer interferência em seu equilíbrio sistêmico. Por ser um ambiente muito frágil frente aos processos naturais e antrópicos a legislação brasileira considera as áreas de manguezal como Áreas de Preservação Permanente (APP)⁵, da mesma forma, a resolução 369 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA⁶ estabelece que as áreas de mangue não podem sofrer supressão de sua vegetação ou qualquer tipo de intervenção, salvo em casos de utilidade pública. Além disso, foi instituída a Área de Proteção Ambiental do rio Ceará⁷, unidade de conservação de uso sustentável administrada pela SEMACE.

2. Planície fluvial do Rio Maranguapinho

A porção da planície fluvial do Rio Maranguapinho na área estudada é pequena, situada próxima ao encontro da mesma com o Rio Ceará (Figura 15). As planícies fluviais são derivadas da ação fluvial e são litologicamente constituídas por areias, cascalhos,

⁵ Presidência da República do Brasil, 2001

⁶ Conselho Nacional do Meio Ambiente - Nº 369 de 28 de março de 2006.

⁷ DECRETO Estadual Nº 25.413, de 29 de março de 1999.

siltes e argilas. Formadas por Neossolos Flúvicos, os quais possuem grande potencial natural, que na bibliografia referem-se ao contexto do semiárido e em áreas rurais. Já no litoral, principalmente em setores urbanos, esta feição possui fortes limitações ao uso e ocupação, devida aos períodos de inundação dos solos e aos períodos de estiagem, onde a vegetação de mata ciliar (Arboreto Edáfico Fluvial) é adaptada.

Figura 15: Planície fluvial do Rio Maranguapinho.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

A urbanização desordenada no entorno do Rio Maranguapinho, comprometeu suas características naturais, sendo a mata ciliar encontrada em porções remanescentes. Nessa área, as condições sanitárias são precárias devido à grande quantidade de despejo de resíduos sem tratamento diretamente no rio. Isso acontece por que, nas áreas onde há saneamento básico, os moradores, em sua maioria, não possuem condições financeiras para fazer a ligação de suas residências à rede geral de esgotos.

3. Tabuleiros pré-litorâneos

Os tabuleiros pré-litorâneos são formados por sedimentos mais antigos, pertencentes a Formação Barreiras, e se localizam paralelo à linha de costa, logo atrás dos sedimentos eólicos, marinhos e flúvio-marinhos que compõem a planície litorânea.

Como afirma Souza (2000), a Formação Barreiras é decorrente do empilhamento de diversas fácies deposicionais, como resultado da evolução morfogênica, dos

movimentos tectônicos e dos paleoclimas, sendo as principais fontes de materiais para o seu estabelecimento as rochas do embasamento cristalino. Seus solos variam de acordo com o material de origem.

Nos tabuleiros presentes na área analisada, a superfície é suave ondulada, com pequenas diferenças altimétricas entre os topos e os fundos de vale. Por ser um relevo sedimentar e ter elevada permoporosidade, permite que a água da chuva percole pelas camadas do solo até os fundos de vales, abastecendo o lençol freático.

Essas características contribuem para que a rede de drenagem possua pouca capacidade de escoamento superficial, com uma ampla área de espraiamento o que contribui para o extravasamento dos talwegues pluviais inundando áreas marginais em eventos pluviométricos intensos (SANTOS, 2011).

A intensa ocupação das margens do Rio Maranguapinho e de parte da margem do Rio Ceará no baixo curso impermeabiliza o solo e dificulta a infiltração da chuva. Consequentemente, ocorre o aumento do escoamento superficial que, somado a baixa capacidade de escoamento da rede de drenagem, amplia a área de cheias e agrava os problemas de inundação na área.

Devida a intensa ocupação da área, a falta de infraestrutura, a contaminação do lençol freático, a impermeabilização do solo, a canalização de parte do Rio Maranguapinho, o entupimento dos canais (causado, em parte, pelo despejo inadequado de resíduos), entre outros fatores, pode-se afirmar que houve uma alteração no sistema hídrico natural.

A porção de Tabuleiro pré-litorâneo de Caucaia presente na área encontra-se razoavelmente conservada, com presença de vegetação de tabuleiro, e praticamente nenhuma ocupação humana. Possui alguns setores desmatados e é cortada somente por estreitos caminhos de terra.

5. DIAGNÓSTICO DE OCUPAÇÃO DO BAIXO CURSO DO RIO CEARÁ

No Brasil, a urbanização crescente e sem controle, as condições de pobreza e de precárias moradias da parcela majoritária dos habitantes das cidades e os eventos naturais característicos do ambiente tropical são os principais aspectos que produzem o aumento da fragilidade ambiental nas cidades brasileiras.

No baixo curso do rio Ceará, principalmente na margem de Fortaleza, onde há uma elevada densidade demográfica, essa relação entre o rio e o crescimento urbano remonta ao início do século XVII, quando se iniciou a ocupação do Ceará pelos portugueses.

5.1. Histórico de uso e ocupação

Na história da humanidade, os corpos hídricos, especificamente os rios, detiveram funções vitais como a dessedentação humana, através da irrigação das primeiras culturas agrícolas, passando por sua função de transporte e comunicação, até os usos mais recentes como áreas verdes nas cidades. Sobre isso, Saraiva (1987) afirma que a história dos rios está diretamente ligada a história da humanidade e listou etapas ou fases da relação das sociedades com os rios através dos tempos, como se pode notar a seguir.

- Fase de Temor e Sacralização: os ciclos naturais dos rios traziam medo por serem incontroláveis e inspiraram mitos e ritos sagrados em culturas tanto do oriente quanto ocidente, como purificação, o batismo, de castigo e de vida e morte, entre outros;

- Fase de Harmonia e Ajustamento: Criação de técnicas e instrumentos como aproveitamento da energia hidráulica para moagem, irrigação, elevação de água, abastecimento, pesca e muitas outras. Esses usos ocorreram em diversos contextos e épocas, onde as sociedades, baseadas em conhecimentos empíricos, procuraram a utilização harmônica dos rios;

- Fase de Controle e Domínio: estudos voltados à regulação dos recursos hídricos através de obras hidráulicas como canalização, retificação e construções de diques nos rios buscando melhor aproveitamento e a defesa dos seus malefícios;

- Fase de Degradação e Sujeição: a exploração e o controle excessivos levam a degradação dos rios, ao ultrapassarem a capacidade de suporte e regeneração dos mesmos. O uso dos rios urbanos como sistema de recolha de resíduos industriais e domiciliares

geram elevados níveis de poluição e, conseqüentemente, estes tornam-se elementos indesejáveis pela população;

- Fase de Recuperação e Sustentabilidade: conscientização das causas e conseqüências da fase anterior e mudança buscando recuperar ambientes degradados através de novos conhecimentos, tecnologias e utilização de obras e ações não ofensivas aos processos naturais dos rios.

No Brasil, os rios tiveram um papel importante na ocupação portuguesa e na criação e crescimento de cidades. “Muitas das cidades coloniais surgiram inicialmente às margens dos rios - mesmo aquelas situadas em baías ou a beira-mar. É, portanto, a partir de rios – grandes, médios ou ainda pequenos cursos d’água – que muitos núcleos urbanos brasileiros vão surgir.” (COSTA, 2006). A criação de vilas e cidades a margem de rios tinha uma importância estratégica para controle de território, alimentos, energia hidráulica, possibilidade de circulação de pessoas e bens, lazer, entre tantos outros.

Assim, a ocupação do Estado do Ceará pelos portugueses se iniciou nos rios Jaguaribe, Coreaú, Ceará, entre outros. O Rio Ceará começou a ser ocupado por portugueses em 1603, por Pero Coelho de Sousa, especificamente na margem direita, próximo a foz do rio (STUDART, 2010; GIRÃO, 1997).

Pero Coelho se instalou às margens do rio Pirangi (depois batizado rio Siará), onde batizou a terra de Nova Luzitania, a povoação de Nova Lisbôa e construiu o Forte de São Tiago. Pero Coelho e seus homens além de sofrerem secas, enfrentaram revoltas dos índios da região que, inconformados com a escravidão, destruíram o forte e obrigaram os europeus a migrarem para as margens do rio Jaguaribe (STUDART, 2010; GIRÃO, 1997).

Em 1612 se instalou às margens do Rio Siará o português Martim Soares Moreno, considerado o fundador do Ceará, que reconquistou e ampliou o Forte São Tiago, o batizando de Forte de São Sebastião. A partir do forte, deu-se início a colonização da capitania do Siará, apesar das dificuldades pela oposição das tribos indígenas e invasões de piratas europeus.

Em meados de 1613, Soares Moreno deixou o forte para participar da expedição contra os franceses no Maranhão. Quando volta ao Ceará em 1621, ele encontra o forte em ruínas e inicia sua reconstrução. Soares Moreno permaneceu no forte até 1631, quando se mudou para Pernambuco a fim de lutar contra os holandeses. No comando do forte de São Sebastião ficaram Domingos da Veiga Cabral e Bartolomeu de Brito Freire.

No ano de 1637, o Forte São Sebastião foi invadido por holandeses, enviados pelo príncipe Maurício de Nassau. Anos depois a expedição holandesa foi dizimada pelos ataques indígenas (GIRÃO, 1997, *passim*).

Uma nova expedição holandesa chegou no Ceará em 1649, comandados pelo holandês Matias Beck que decidiu construir um forte em outro lugar, mais especificamente às margens do Rio Pajeú. Esse forte, que recebeu o nome de Schoonenborch e que após a expulsão dos holandeses foi rebatizado de Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção, deu início ao crescimento de Fortaleza como vila, e, posteriormente como capital.

Nas seguintes décadas, o Rio Ceará continuou a ser um importante recurso natural no crescimento e desenvolvimento de Fortaleza. Em 1929 se iniciou as atividades do Hidroporto Condor, com pousos e decolagens de hidroaviões (GARCIA, 2014). Após a decadência do hidroporto, o velho hangar localizado as margens do Rio Ceará foi declarado terreno de marinha, como patrimônio ambiental de uso público. A área antes valorizada pelo o hidro aeródromo, sofreu um novo abandono e foi se desvalorizando.

Porém, atualmente, a Barra do Ceará tem se transformado através de obras de reurbanização. O bairro recebeu o primeiro Centro Urbano de Cultura, Arte, Ciência e Esporte de Fortaleza, o CUCA, no mesmo lugar onde antigamente funcionava um dos clubes mais populares de Fortaleza, o Clube de Regatas Barra do Ceará.

Também foi realizado, através do projeto Vila do Mar, a construção de um calçadão com equipamentos que possibilitam atividades de lazer e esporte para a comunidade. Ademais, foram construídas dezoito barracas de praia com maior infraestrutura para receber turistas. Outro atrativo turístico são os passeios de barco pelo manguezal do rio Ceará, realizado pelos pescadores locais, que além de proporcionar um agradável passeio, ajudam a contar a história local. A revitalização histórica e cultural também acontece na praça de Santiago, batizada assim devido o antigo forte, e considerado o marco zero de Fortaleza, é outra obra que contribui para valorização da área.

5.2. Caracterização da infraestrutura e ocupação

O baixo curso do Rio Ceará localiza-se na divisa dos municípios de Fortaleza e Caucaia. Às margens do rio cresce uma exuberante vegetação de mangue que resiste a pressão da cidade. Mesmo englobando uma área menor do rio em relação a Caucaia, Fortaleza é o município que tem a maior população residente na área da bacia.

No baixo curso do rio Ceará em sua margem direita, no município de Fortaleza, estão os bairros de Barra do Ceará (desembocadura na margem Leste), Vila Velha, Quintino Cunha, Tabapuá e Tapapuá Brasília; por seu turno, em Caucaia, situado à margem esquerda encontram-se os bairros de Parque Leblon (desembocadura na margem Oeste), Iparana e Parque Soledade.

A fim de analisar as características da população que mora mais próxima ao rio Ceará foram utilizados os dados dos setores censitários que, segundo o IBGE (2011), são a “menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País.” (IBGE, 2011, p. 3).

Assim, um bairro com elevada concentração de pessoas pode ser dividido em vários setores censitários e um bairro com pouca ou nenhuma concentração de pessoas pode ter apenas um ou dois setores. As informações de cada setor “compreendem características dos domicílios particulares e das pessoas que foram investigadas para a totalidade da população e são denominados, por convenção, resultados do universo.” (*op. cit.*). Os dados dos setores censitários correspondem as informações coletadas no censo de 2010, apesar de terem sido divulgados nesse formato apenas em Novembro de 2011. Os dados relativos ao censo possuem formato compatível com o programa Microsoft Excel®, obtidos por meio de download do sítio oficial do IBGE (www.ibge.gov.br).

Os setores foram organizados segundo um código numérico de localização que possui 15 dígitos divididos da seguinte forma: UFMMMMMDDSDSSSS, onde: UF corresponde a Unidade da Federação; MMMMM corresponde a Município; DD corresponde a Distrito; SD corresponde a Subdistrito e SSSS corresponde a Setor (IBGE, 2011, p. 34).

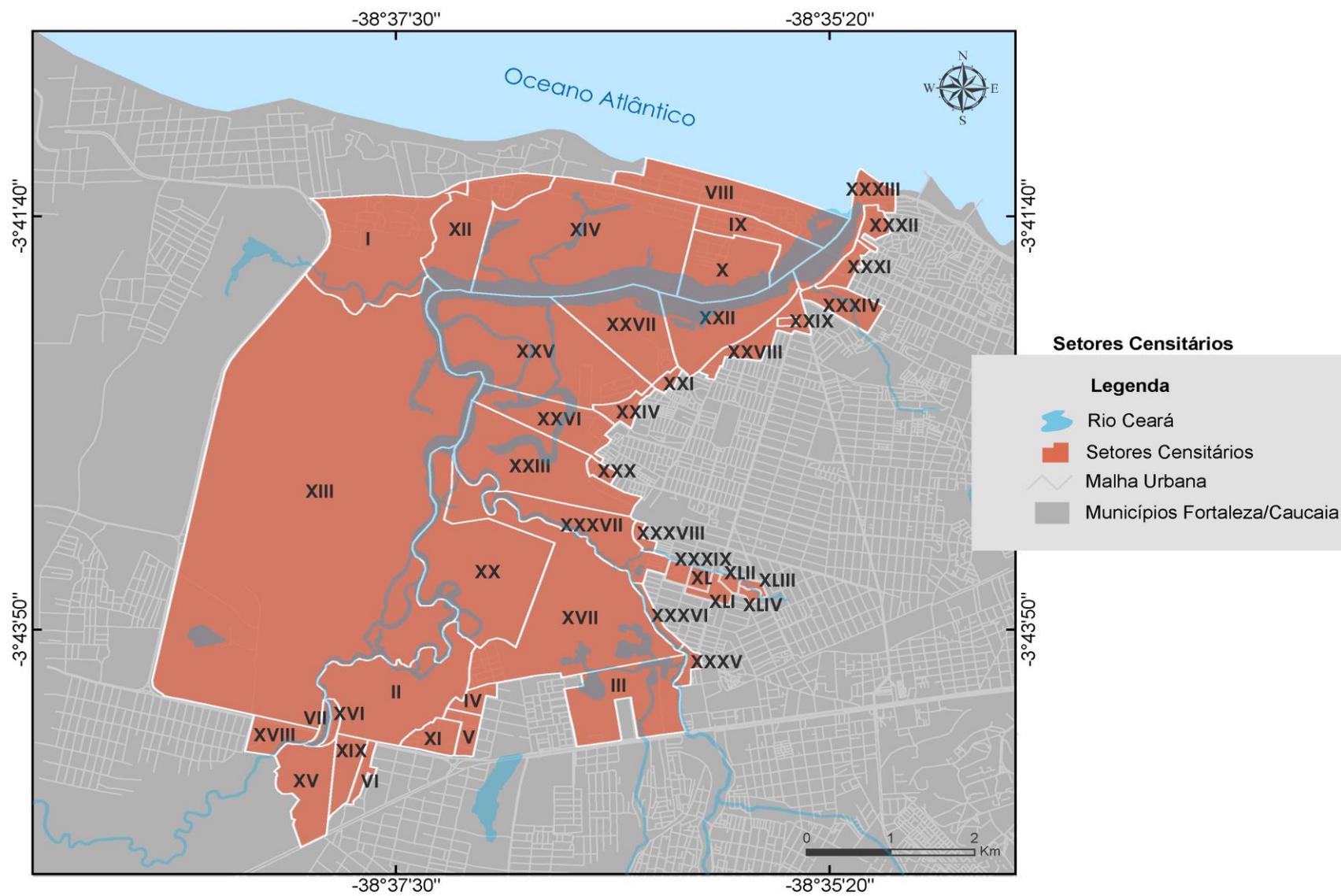
Foram utilizados quarenta e quatro setores censitários, sendo vinte de Caucaia e dezoito de Fortaleza. Nesse sentido, pela quantidade de setores e para simplificar a visualização, os setores utilizados para análise foram numerados em algarismos romanos, segundo mostra a tabela e o mapa a seguir:

Tabela 11: Códigos dos setores censitários utilizados

Setores em Caucaia		Setores em Fortaleza	
Código real do setor	Correspondente	Código real do setor	Correspondente
230370905000054	I	230440005060785	XXI
230370905000055	II	230440005060787	XXII
230370905000056	III	230440005060806	XXIII
230370905000060	IV	230440005060892	XXIV
230370905000061	V	230440005060893	XXV
230370905000063	VI	230440005060894	XXVI
230370905000064	VII	230440005060898	XXVII
230370905000093	VIII	230440005060899	XXVIII
230370905000094	IX	230440005060900	XXIX
230370905000095	X	230440005060908	XXX
230370905000101	XI	230440005070826	XXXI
230370905000128	XII	230440005070827	XXXII
230370905000129	XIII	230440005070846	XXXIII
230370905000130	XIV	230440005070978	XXXIV
230370905000183	XV	230440060060066	XXXV
230370905000184	XVI	230440060060067	XXXVI
230370905000203	XVII	230440060060069	XXXVII
230370905000212	XVIII	230440060060070	XXXVIII
230370905000230	XIX	230440060060055	XXXIX
230370905000231	XX	230440060060209	XL
		230440060060208	XLI
		230440060060056	XLII
		230440060060057	XLIII
		230440060060058	XLIV

Fonte: Fonte: GONÇALVES, 2016. Adaptado de IBGE, 2011.

Figura 16: Mapa dos Setores Censitários Analisados



Fonte: IBGE (2011)

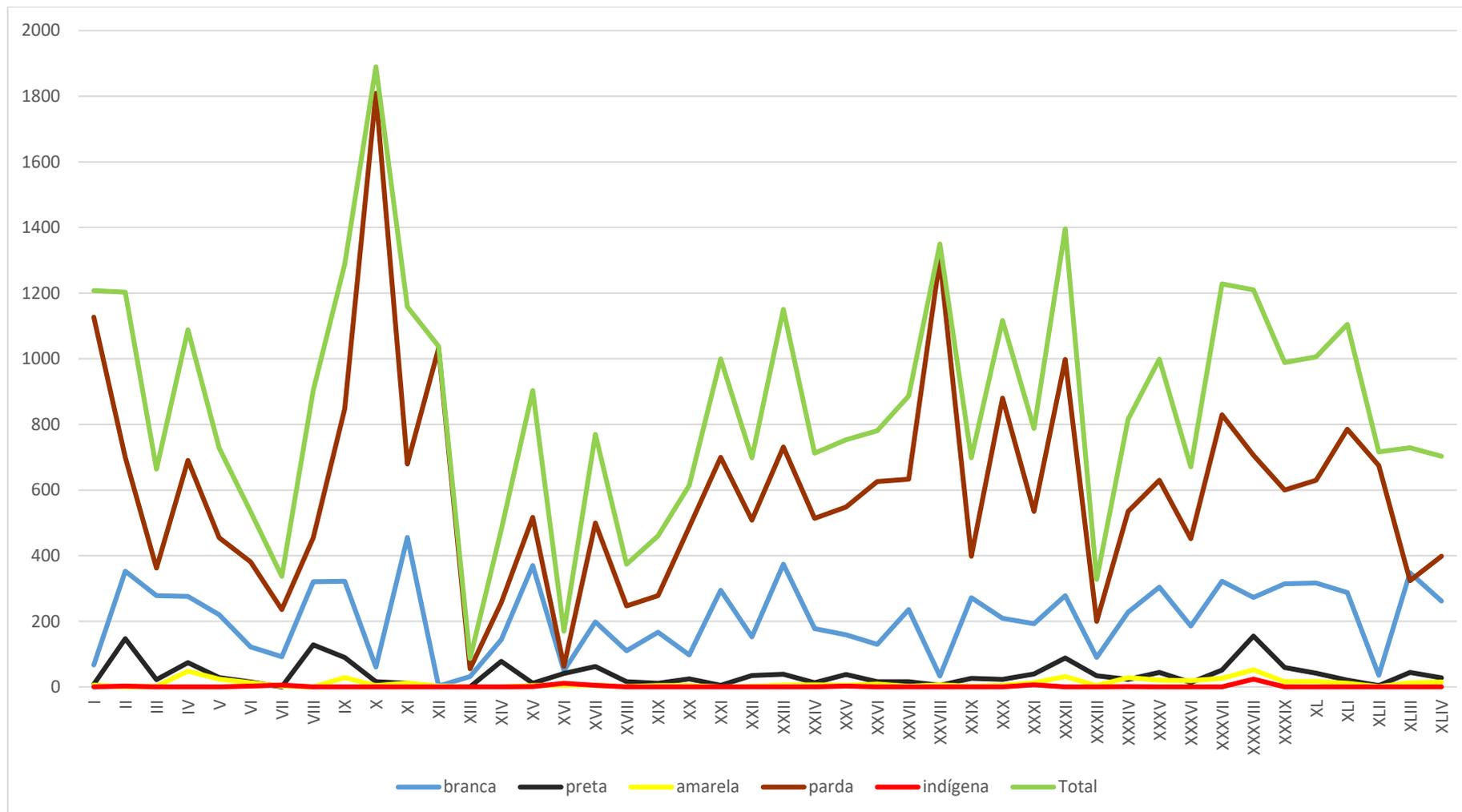
Como mostra a tabela, os números romanos de I a XX correspondem a áreas próximas ao rio Ceará no município de Caucaia e os de XXI a XLIV a áreas próximas ao rio no município de Fortaleza. No mapa 12 podemos visualizar além da espacialização dos setores, a variação de tamanho dos setores em relação a densidade populacional, ou seja, grandes setores pouco ocupados, principalmente em Caucaia, e pequenos setores muito ocupados, principalmente em Fortaleza, justificando assim, o maior número de setores na capital. Os dados foram organizados em forma de tabelas, gráficos e mapas, objetivando uma melhor visualização.

O gráfico 2 mostra a população total em cada setor, bem como cada indivíduo se identifica segundo cor ou raça. Somando a população de todos os setores analisados, temos o total de 32.479 indivíduos residindo na área.

O IBGE Investigou a cor ou raça declarada pela pessoa, com as seguintes opções de resposta: Branca, Preta, Amarela (de origem oriental: japonesa, chinesa, coreana, etc.), Parda ou Indígena. As pessoas que se declararam indígenas ou índias somam um total de 29 nos setores de Caucaia e 35 em Fortaleza, se concentrando principalmente nos setores dos bairros Vila Velha, Quintino Cunha, Tabapuá e Tabapuá Brasília.

Grande parte da população da área investigada se declarou parda (um total de 26.317 indivíduos), seguida de branca (um total de 9.218 indivíduos) e preta (um total de 1.647 indivíduos).

Gráfico 2: População total em cada setor e identificação segundo cor ou raça



Fonte: IBGE, 2011.

Os dados de abastecimento de água, esgotamento sanitário e destino do lixo foram disponibilizados pelo IBGE sendo divididos em três tipos de habitação: domicílios tipo casa; domicílios tipo casa de vila ou condomínio e domicílios tipo apartamento. Porém, devido à grande quantidade de dados e para facilitar a análise, os dados utilizados a seguir foram coletados em domicílios tipo casas (Figura 17), pois esta forma de habitação tem preponderância na área em questão, sendo os outros dois tipos de habitação significantes em apenas três setores.

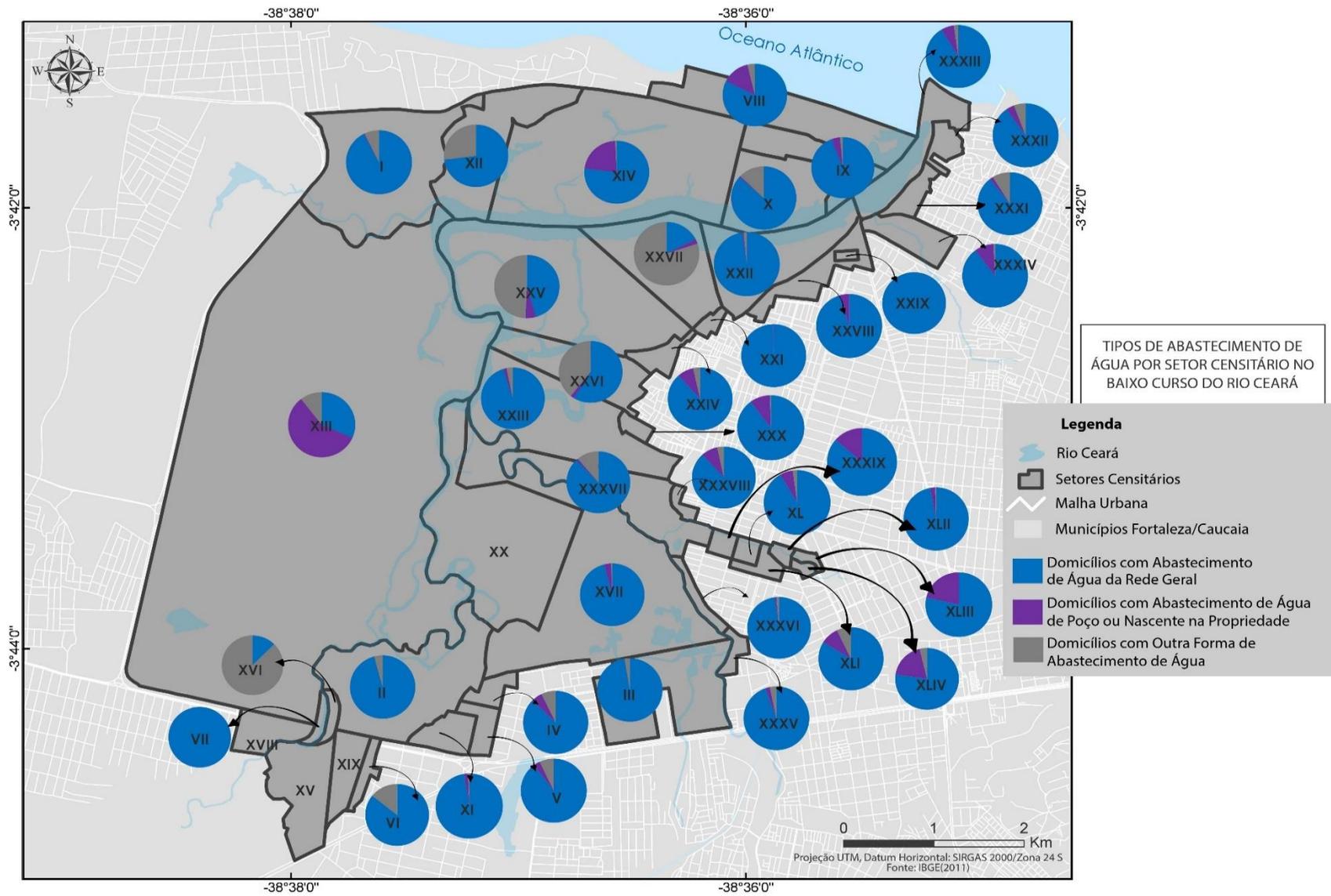
Figura 17: Imagem de domicílios tipo casa no bairro Quintino Cunha



Fonte: GONÇALVES, 2016

O recorte de área analisada possui 8.770 casas, sendo elas divididas por tipo: próprias, quitadas ou em processo de quitação; alugadas; ou cedidas, por empregador ou outro tipo. Desse total, 39,09% (3.429) pertencem a Caucaia e 60,90% (5.341) pertencem a Fortaleza. Do total de casas investigadas, a maioria (85,72%) possui abastecimento de água da rede geral, enquanto que 4,93% são domicílios com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade e 9,33% são domicílios com outra forma de abastecimento de água. A distribuição desses valores por setor pode ser observada no mapa (Figura 18).

Figura 18: Tipos de Abastecimento de água por setor



Ao analisar o mapa apresentado na figura 14, faz-se possível observar que há ocorrência de setores censitários sem informações. Esses setores sem gráfico não possuem valores, pela ausência de pessoas ou por não terem sido censiadas.

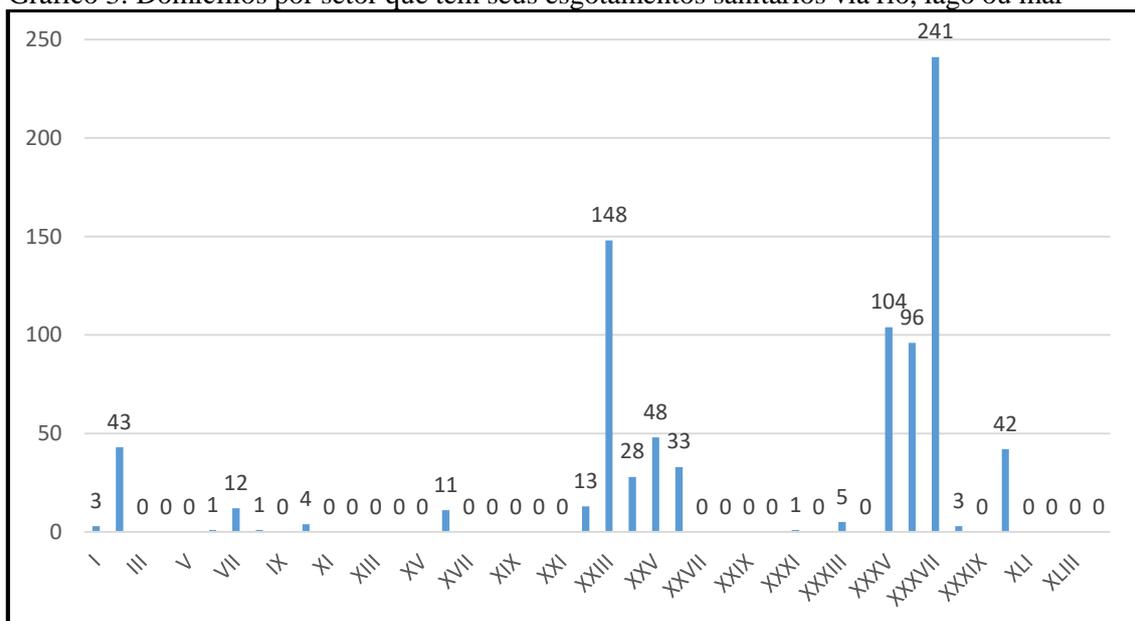
Os domicílios que dependem de água de poço ou nascente na propriedade somam 122 em Caucaia e 311 em Fortaleza. Isso significa que, pelo menos, 4,93% domicílios dependem da água superficial ou da água subterrânea do rio Ceará para seu abastecimento diário. Esse dado quantitativo é um dos dados que mais demonstra a importância do rio Ceará para a vida das pessoas que residem próximas desse corpo hídrico.

Outro elemento analisado foi esgotamento sanitário, que pode ser via rede geral de esgoto ou pluvial; via fossa séptica; via fossa rudimentar; via vala; via rio, lago ou mar; ou outro escoadouro. A análise desse dado é importante, principalmente, para relacionar com os resultados de qualidade da água que é utilizada pela população para pesca, lazer e até mesmo consumo.

O saneamento básico no Brasil se caracteriza por uma grande desigualdade de distribuição e por um grande déficit ao acesso, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto. São evidentes os efeitos positivos no crescimento econômico e na redução da pobreza devido a presença de saneamento. Segundo um estudo da Organização Mundial da Saúde, cada dólar investido na melhoria do saneamento para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio gera, em média, um benefício econômico de US\$ 12, devido a diminuição da proliferação de doenças causadas por água contaminada (Prüss-Üstün et al., 2008). Saneamento básico e tratamento de água “proporcionam benefícios gerais para a saúde da população, seguindo duas vias: mediante efeitos diretos e indiretos, resultantes, primordialmente, do nível de desenvolvimento da localidade atendida.” (LEONETTI, et. al., 2011)

O gráfico a seguir mostra a quantidade de domicílios por setor que tem seus esgotamentos sanitários lançados em rio, lago ou mar (Gráfico 3). Assim, 2,18% das casas de Caucaia e 22,22% das casas de Fortaleza lançam seus dejetos diretamente no Rio Ceará ou no mar.

Gráfico 3: Domicílios por setor que tem seus esgotamentos sanitários via rio, lago ou mar

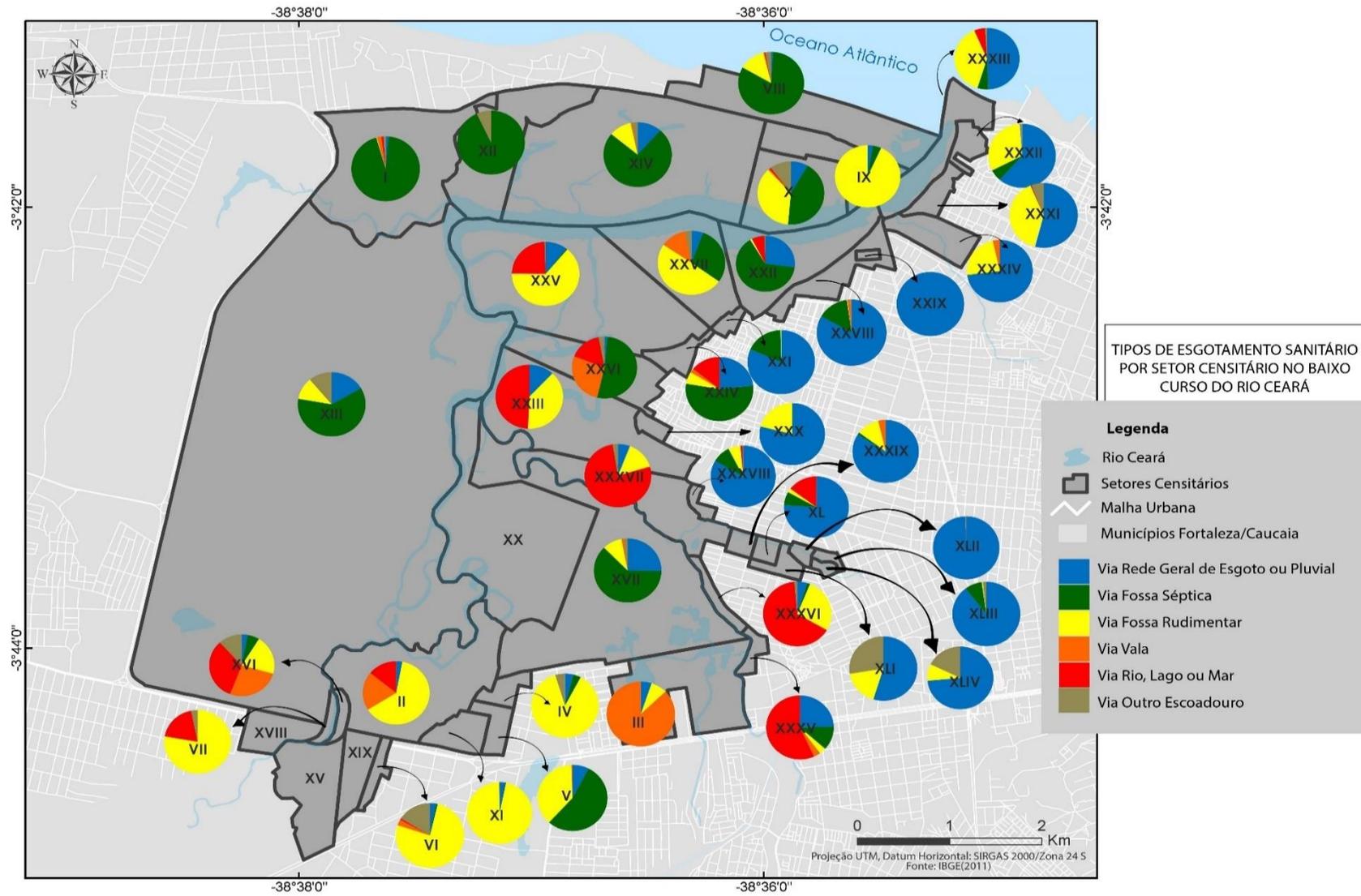


Fonte: IBGE, 2011.

Na área também há a utilização de fossas rudimentares (em 2.443 casas) e valas (em 239 casas) que contaminam diretamente os solos e as águas subterrâneas por estarem sendo utilizadas em uma bacia fluvial cuja característica do terreno é ser sedimentar.

O mapa a seguir (Figura 19) sintetiza os tipos de esgotamento presentes na área por setor. Observando o mapa vemos que os setores com abastecimento via rede geral de esgoto ou pluvial se concentram, em sua maioria, nos mais distantes da calha do rio em Fortaleza. Os setores em Fortaleza que se situam mais próximos ao rio são os que mais utilizam o mesmo como meio de descarte sanitário.

Figura 19: Tipos de Esgotamento Sanitário por setor



Os setores em Fortaleza que se situam mais próximos ao rio são os que mais utilizam o mesmo como meio de descarte sanitário, principalmente por serem ocupações precárias, sem acesso a rede de esgoto (Figura 20).

Figura 20: Trecho do rio Ceará próximo ao primeiro ponto de coleta de água.

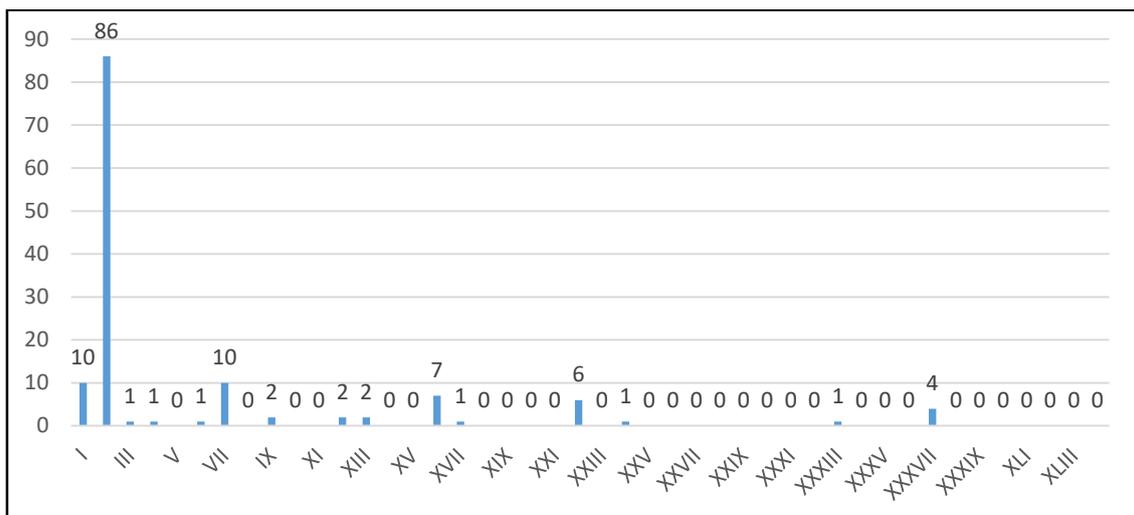


Fonte: GONÇALVES, 2016.

O último conjunto de dados mostra a destinação do lixo doméstico: coletado em caçamba de serviço de limpeza; queimado na propriedade; enterrado na propriedade; jogado em terreno baldio ou logradouro; jogado em rio, lago ou mar ou outro destino.

A gráfico abaixo mostra a quantidade por setor censitário de lixo jogado em rio, lago ou mar. No total 1,53% das casas lançam seu lixo doméstico diretamente no rio ou no mar. São casas onde provavelmente o serviço de coleta de lixo não consegue chegar. Esse também pode ser o caso dos 3,52% onde o lixo é queimado e nas 0,21 onde o lixo é enterrado.

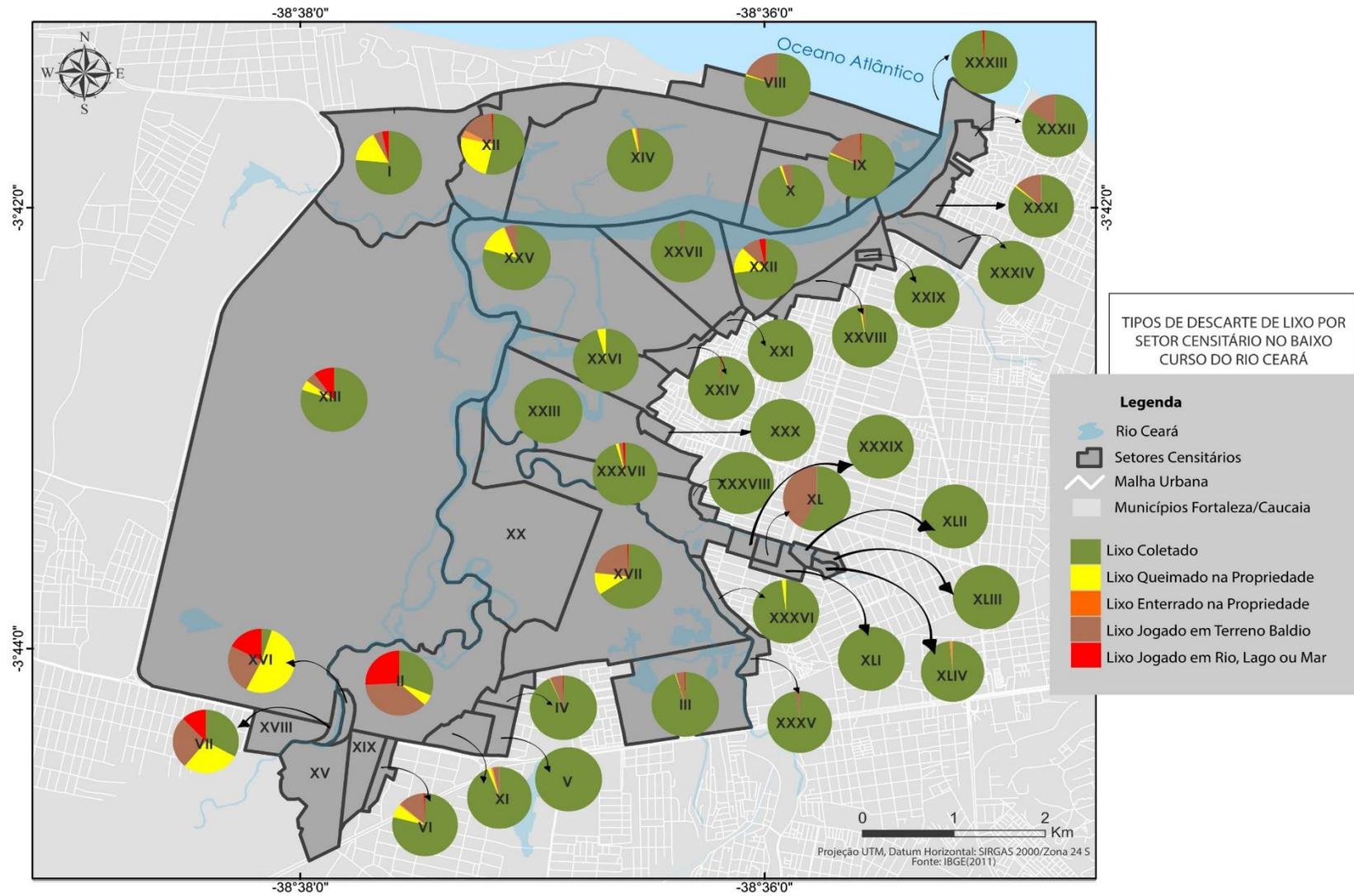
Gráfico 4: Domicílios por setor que tem lixos despejados em rio, lago ou mar



Fonte: IBGE, 2011.

E, finalmente, o mapa a seguir mostra em detalhe os tipos de descarte de lixo por setor censitário bem como a quantidade de cada tipo (Figura 21). No mapa observamos que nos setores em Fortaleza, a maioria das casas tem seus lixos coletados pelo caminhão do lixo da prefeitura.

Figura 21: Tipos de descarte de lixo por setor



A organização dos dados dos setores censitários nos permitem tirar algumas conclusões sobre a área do baixo curso do Rio Ceará. O Rio Ceará em seu baixo curso, por estar entre duas cidades, recebe inúmeros dejetos físicos e químicos que prejudicam não somente o sistema fluvial em si, mas também as pessoas que utilizam esse sistema de alguma forma. Os dados do censo ajudam a analisar parte desses efluentes que são gerados a partir das residências. Há ainda efluentes industriais que, apesar de poucas indústrias na área, são muito mais tóxicos que os domésticos.

Os dados do censo foram coletados através de entrevistas presenciais realizadas pelo recenseador em cada domicílio gerando dados numéricos brutos, que foram apresentados no capítulo anterior por meio de gráficos e tabelas. A partir deles podemos concluir que há mais pessoas que responderam que despejam seu lixo em rio, lago ou mar ou despejam em terreno baldio ou logradouro em Caucaia. Podemos observar também que em Fortaleza há mais casas ligadas a rede geral de esgoto ou pluvial, que apesar de estar ligada a um sistema de coleta que os conduz a um desaguadouro geral da área, o sistema pode ou não dispor de estação de tratamento da matéria esgotada.

Segundo o Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário de Fortaleza de Junho de 2014 realizado pela prefeitura, os bairros da capital estão, na área em questão ligadas a sistemas isolados em que os efluentes sanitários não foram integrados ao sistema integrado de tratamento, sendo assim, lançados nos sistemas hídricos sem tratamento apropriado (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2014). Quanto a Caucaia, menos da metade do município possui tratamento de esgoto (cerca de 40%). No site da CAGECE foi anunciado a aprovação da ampliação dos serviços de água e esgoto no município nos próximos anos, porém, os bairros próximos ao rio Ceará não foram citados nos bairros contemplados (CAGECE, 2015).

Além do despejo sanitário na rede geral de esgoto ou pluvial, outras formas de despejo chamam atenção como através de fossa rudimentar nos dois municípios e o elevado número de casas em Fortaleza com despejo sanitário em rio, lago ou mar.

6. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

6.1. Fragilidade Ambiental do baixo curso do Rio Ceará

Como foi discutida, a fragilidade ambiental é uma metodologia em que se faz uma análise qualitativa das condições ambientais, apresentando o resultado das relações de interdependência dos componentes ambientais com as atividades humanas.

Apesar da fragilidade ser pautada na indissociabilidade entre os componentes da natureza e as intervenções da sociedade, o relevo é utilizado como componente principal para definir das fragilidades ambientais, sendo este analisado através da interconexão entre os processos atuantes, os demais componentes da natureza e a sociedade (SANTOS, 2015).

Na presente análise, a construção da legenda seguiu as diretrizes apresentadas no capítulo de procedimentos metodológicos. Ela segue uma sequência numérica que representa os dados referentes, respectivamente, ao relevo, ao solo e a ocupação do território. Devido a escala da área analisada, apenas alguns níveis de fragilidade foram identificados e apresentados na legenda.

A classificação numérica e qualitativa da fragilidade do relevo segue a proposta de Santos (2015) e Ross (2013), a qual foi adaptada da proposta original de Ross (1994) e da atualização de Santos (2011), sendo mais adequada para aplicação em ambientes com elevados graus de urbanização e declividades predominantemente entre 0 e 6%. Assim, os indicadores de fragilidade do relevo foram estabelecidos de forma integrada, analisando além das formas e da declividade, os materiais constituintes e os processos atuantes nas formas de relevo.

A sequência numérica varia de 1 (muito fraca) a 5 (muito forte) em cada grau de fragilidade (Potencial e Emergente), sendo que tanto a sequência quanto o valor estabelecido para cada componente seguem os preceitos descritos nas tabelas da metodologia previamente apresentadas.

Também na definição da fragilidade dos solos, foram observadas, além das características intrínsecas dos solos, os níveis de transformação do ambiente devidas as intervenções humanas como compactação para construções de estruturas urbanas, recobrimento asfáltico, entre outros.

A cobertura vegetal e o grau de urbanização se constituem no terceiro e último indicador numérico da fragilidade. Neste, é indicado as condições da cobertura vegetal,

sendo esta a fonte de proteção dos solos, e o nível de infraestrutura dos variados graus de urbanização.

Nesse sentido, na área analisada foram identificadas 10 unidades de fragilidade ambiental, sendo 2 de fragilidade potencial e 8 de fragilidade emergente. Destaca-se que na área não foram encontrados quatro tipos de ambientes de fragilidade: dois de fragilidade potencial (forte e muito forte) e dois de fragilidade emergente (baixa e média).

Da fragilidade potencial, temos os tabuleiros pré-litorâneos nas categorias baixa e na média, sendo o da baixa (Dt222) o setor em Caucaia onde o tabuleiro possui vegetação e baixo grau de ocupação. O tabuleiro inserido na fragilidade potencial média (Dt224) possui um maior grau de urbanização.

Na fragilidade emergente foram enquadradas a planície Fluviomarinha (Api555 e Api551), dunas fixas (Adf153 e Adf253), a faixa de praia (Apm555), as dunas móveis (Adm455) e a planície fluvial (Apf552 e Apf551).

A planície fluviomarinha possui uma fragilidade intrínseca por ser um ambiente inundável, com solos lodosos. Porém ela foi dividida em fragilidade emergente forte (Api551) nas áreas onde há vegetação de mangue conservada e fragilidade emergente muito forte (Api555) onde a vegetação foi desmatada ou onde ocorreu ocupações indevidas. Destaca-se que apesar da área possuir a mesma declividade (1 – de 0 a 3%), ela foi classificada como 5 – muito forte, devido ser um ambiente de naturais inundações diárias. Nessa mesma perspectiva foram classificadas a faixa de praia (Apm555 em vez de Apm155), por ser um ambiente de abrasão marinha e as planícies fluviais (Apf552 e Apf551), por serem um ambiente susceptível a inundações em períodos de chuvas.

As dunas fixas (Adf153 e Adf253) foram caracterizadas como fragilidade emergente forte, onde há precariedade nas construções e na estrutura para eventos pluviométricos de média/baixa intensidade. As dunas fixas são assim divididas devido a diferença de altitude, apontadas nos mapas de declividade e geomorfologia.

No quadro 5 está apresentada a síntese das unidades de fragilidade, sendo apontadas as categorias (Potencial ou Emergente), os graus (baixa, média, forte e muito forte), as unidades geomorfológicas, os indicadores de fragilidade que representam, respectivamente, relevo, solos e cobertura, e, por fim, o código atribuído a cada unidade.

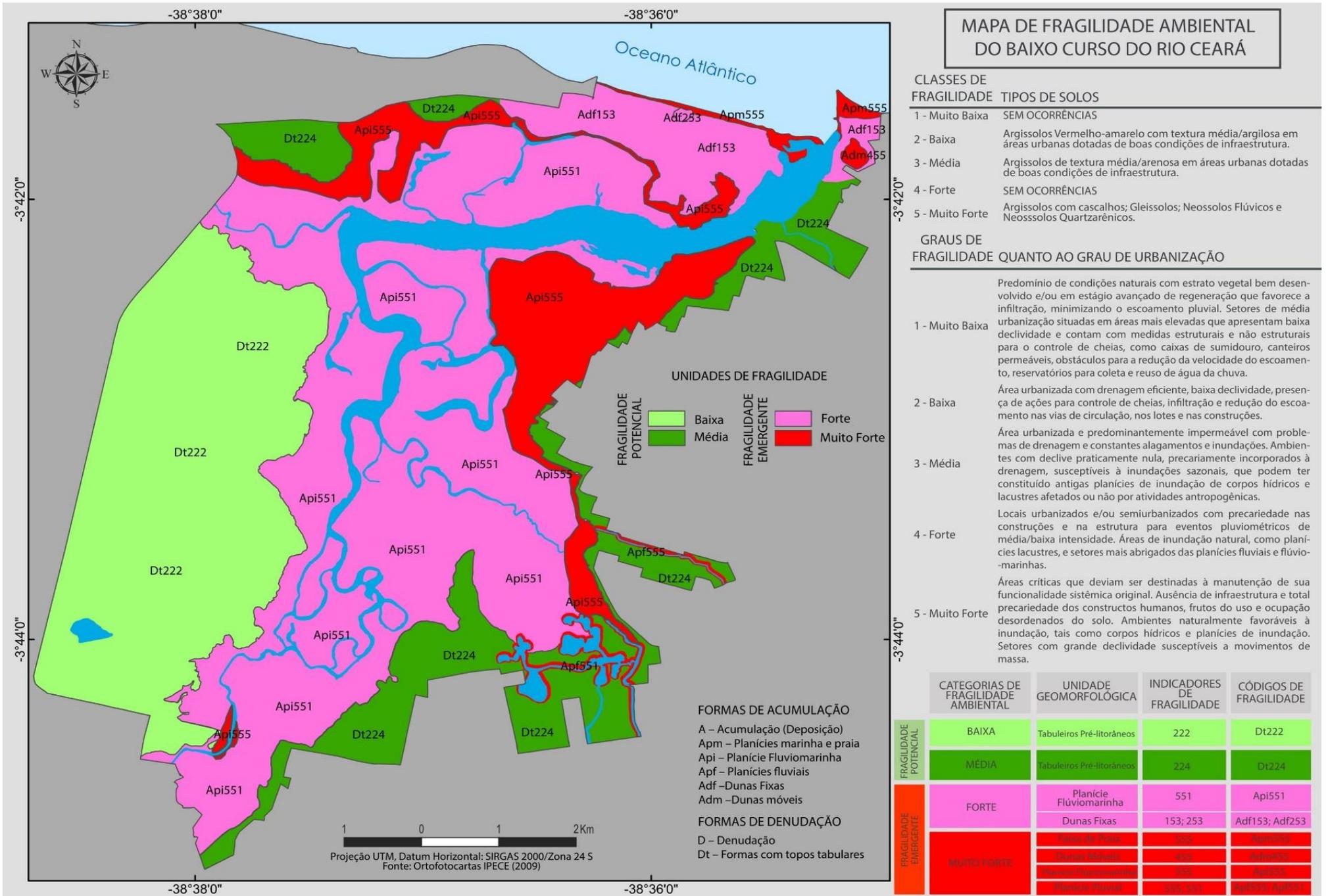
Quadro 5: Síntese da Fragilidade Ambiental.

Categorias de fragilidade ambiental		Unidade geomorfológica	Indicadores de fragilidade	Códigos de fragilidade
FRAGILIDADE POTENCIAL	BAIXA	Tabuleiros Pré-litorâneos	222	Dt222
	MÉDIA	Tabuleiros Pré-litorâneos	224	Dt224
FRAGILIDADE EMERGENTE	FORTE	Planície Fluviomarinha	551	Api551
		Dunas Fixas	153; 253	Adf153; Adf253
	MUITO FORTE	Faixa de Praia	555	Apm555
		Dunas Móveis	455	Adm455
		Planície Fluviomarinha	555	Api555
		Planície Fluvial	551, 555	Apf552, Apf555

Organização: GONÇALVES (2016).

No mapa de fragilidade ambiental (Figura 22), representados no território a distribuição dos códigos de fragilidade e as categorias de fragilidade. A partir da análise do mapa, observa-se que as unidades de fragilidade potencial, menos frágeis, correspondem essencialmente aos tabuleiros pré-litorâneos, urbanizados ou não.

Quanto a distribuição das unidades de fragilidade emergente, elas se situam ao longo das planícies fluviais e fluviomarinhas e na zona litorânea, onde o fluxo natural de sedimentos é dificultado ou bloqueado pela urbanização. São ambientes naturalmente mais frágeis, constantemente sujeitos a inundações, cuja ocupação deveria ser impedida ou controlada, a fim de preservar a funcionalidade sistêmica.



MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO BAIXO CURSO DO RIO CEARÁ

CLASSES DE FRAGILIDADE TIPOS DE SOLOS

1 - Muito Baixa	SEM OCORRÊNCIAS
2 - Baixa	Argissolos Vermelho-amarelo com textura média/argilosa em áreas urbanas dotadas de boas condições de infraestrutura.
3 - Média	Argissolos de textura média/arenosa em áreas urbanas dotadas de boas condições de infraestrutura.
4 - Forte	SEM OCORRÊNCIAS
5 - Muito Forte	Argissolos com cascalhos; Gleissolos; Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos.

GRAUS DE FRAGILIDADE QUANTO AO GRAU DE URBANIZAÇÃO

- 1 - Muito Baixa
Predomínio de condições naturais com estrato vegetal bem desenvolvido e/ou em estágio avançado de regeneração que favorece a infiltração, minimizando o escoamento pluvial. Setores de média urbanização situadas em áreas mais elevadas que apresentam baixa declividade e contam com medidas estruturais e não estruturais para o controle de cheias, como caixas de sumidouro, canteiros permeáveis, obstáculos para a redução da velocidade do escoamento, reservatórios para coleta e reuso de água da chuva.
- 2 - Baixa
Área urbanizada com drenagem eficiente, baixa declividade, presença de ações para controle de cheias, infiltração e redução do escoamento nas vias de circulação, nos lotes e nas construções.
- 3 - Média
Área urbanizada e predominantemente impermeável com problemas de drenagem e constantes alagamentos e inundações. Ambientes com declive praticamente nula, precariamente incorporados à drenagem, susceptíveis à inundações sazonais, que podem ter constituído antigas planícies de inundação de corpos hídricos e lacustres afetados ou não por atividades antropogênicas.
- 4 - Forte
Locais urbanizados e/ou semiurbanizados com precariedade nas construções e na estrutura para eventos pluviométricos de média/baixa intensidade. Áreas de inundação natural, como planícies lacustres, e setores mais abrigados das planícies fluviais e flúvio-marinhas.
- 5 - Muito Forte
Áreas críticas que deviam ser destinadas à manutenção de sua funcionalidade sistêmica original. Ausência de infraestrutura e total precariedade dos constructos humanos, frutos do uso e ocupação desordenados do solo. Ambientes naturalmente favoráveis à inundação, tais como corpos hídricos e planícies de inundação. Setores com grande declividade susceptíveis a movimentos de massa.

UNIDADES DE FRAGILIDADE

FRAGILIDADE POTENCIAL	<table border="1"> <tr><td>Baixa</td></tr> <tr><td>Média</td></tr> </table>	Baixa	Média	FRAGILIDADE EMERGENTE	<table border="1"> <tr><td>Forte</td></tr> <tr><td>Muito Forte</td></tr> </table>	Forte	Muito Forte
Baixa							
Média							
Forte							
Muito Forte							

- FORMAS DE ACUMULAÇÃO**
- A - Acumulação (Deposição)
 - Apm - Planícies marinha e praia
 - Api - Planície Flúviomarinha
 - Apf - Planícies fluviais
 - Adf - Dunas Fixas
 - Adm - Dunas móveis

- FORMAS DE DENUDAÇÃO**
- D - Denudação
 - Dt - Formas com topos tabulares

	CATEGORIAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL	UNIDADE GEOMORFOLÓGICA	INDICADORES DE FRAGILIDADE	CÓDIGOS DE FRAGILIDADE
FRAGILIDADE POTENCIAL	BAIXA	Tabuleiros Pré-litorâneos	222	Dt222
	MÉDIA	Tabuleiros Pré-litorâneos	224	Dt224
FRAGILIDADE EMERGENTE	FORTE	Planície Flúviomarinha	551	Api551
		Dunas Fixas	153; 253	Adf153; Adf253
	MUITO FORTE	Praia de Praia	555	Apm555
		Dunas Móveis	455	Adm455
		Planície Flúviomarinha	551	Api551
	Planície Flúvia	551; 551	Api551; Api551	

1 0 1 2 Km
 Projeção UTM, Datum Horizontal: SIRGAS 2000/Zona 24 S
 Fonte: Ortofotocartas IPECE (2009)

A distribuição dos graus de fragilidade segue uma estreita relação com as características geomorfológicas, o grau de vegetação e urbanização de forma integrada, o que se verifica a partir das divisões de fragilidade dentro de uma única unidade vegetacional ou de relevo.

6.2. Análise da relação entre os resultados de qualidade de água, infraestrutura básica e fragilidade ambiental.

Para a realização da análise da qualidade da água do Rio Ceará e do Maranguapinho foram coletadas amostras em três pontos do rio, nos meses de setembro e novembro de 2015, e fevereiro e abril de 2016, totalizando 12 amostras. A análise foi realizada tendo em consideração as determinações previstas na legislação, o ambiente de entorno, a oscilação das marés, período chuvoso e os efluentes sanitários lançados.

A análise da tábua de marés em relação aos horários das coletas ajuda na interpretação dos resultados (Tabela 12).

Tabela 12: Dados relativos a Tábua de Marés e Precipitação dos dias de coletas.

Data das coletas	Horários das três coletas respectivamente	Horário das mudanças de marés	Altura (m)	Precipitação	
				No dia	Média da semana anterior
29/09/2015	9:15 / 10:30 / 10:59	05:08	3.2	0,0mm	0,0mm
		11:16	-0.1		
27/11/2015	7:53 / 8:48 / 9:27	05:23	2.9	0,0mm	0,0mm
		11:23	0.2		
23/02/2016	8:45 / 9:15 / 9:55	05:08	2.7	15,4mm	23,46mm
		11:06	0.3		
28/04/2016	7:53 / 8:25 / 9:05	08:27	2.4	0,0mm	15,18mm
		14:42	0.8		

Fonte: GONÇALVES, 2016. Adaptado de FUNCEME⁸; DHN⁹/IBGE.

⁸ Dados da estação meteorológica Campus do Pici, FUNCEME (2015, 2016)

⁹ Diretoria de Hidrografia e Navegação.

No primeiro dia de coleta, ocorreu uma maré de sizígia¹⁰ (3.2m) no começo da manhã o que significa uma entrada maior de água do mar no estuário. As 11:00, na coleta do último ponto, ocorreu o Estofo da maré que é o período em que a intensidade da corrente atinge valor zero, antes da inversão de maré. Nos outros três dias de coletas as condições de marés são similares, assim como os horários. O diferencial é que as últimas duas coletas foram realizadas no período chuvoso, onde há acréscimo no run off e consequentemente há maior aporte de matéria (água, resíduos, partículas, etc.) nos canais fluviais e, por conseguinte, na área de estudo.

Quanto a relação entre os setores censitários e os pontos de coleta de água, podemos fazer algumas observações. Os três pontos estão na área de quatro setores, sendo eles: ponto 1 -setor VII e XVI, ambos localizados no começo do estuário do rio Ceará, a montante; ponto II – setor XL, no rio Maranguapinho; e ponto 3 – setor XXXIII, mais próximo a foz do rio Ceará.

A análise dos valores de Coliformes Termotolerantes e de pH nas águas do Rio Ceará e do Maranguapinho, nos pontos coletados, segue a Resolução n° 357 do CONAMA (17/03/2005), em que são estabelecidos valores máximos permitidos dependendo do uso predominante no corpo hídrico.

Os valores do número mais provável (NPM) de Coliformes Termotolerantes e os valores de pH (potencial hidrogeniônico) encontrados nas amostras coletadas estão representadas abaixo (Tabela 13).

Tabela 13: Número mais provável de coliformes termotolerantes/100 mL e pH do Rio Ceará.

Estação/Data	Pontos de coletas	Coliformes Termotolerantes (valor máximo permitido) (NPM/100mL)	Coliformes Termotolerantes (NPM/100mL) encontrados	pH (valor de referência)	pH encontrado
Primavera – 29/09/2015	P. 01	4 x 10 ³	4,3 x 10 ³	6,5 a 8,5	7,30
	P. 02	4 x 10 ³	1,5 x 10 ³	6,5 a 8,5	7,40
	P. 03	4 x 10 ³	1,1 x 10 ³	6,5 a 8,5	7,80
Primavera – 27/11/2015	P. 01	4 x 10 ³	≥ 2,4 x 10 ³	6,5 a 8,5	7,51
	P. 02	4 x 10 ³	≥ 2,4 x 10 ³	6,5 a 8,5	7,99
	P. 03	4 x 10 ³	0,29 x 10 ³	6,5 a 8,5	7,86

¹⁰ Ocorre por ocasião da Lua Nova e da Lua Crescente, com Preamares muito altas e baixa-mares muito baixas.

Verão – 23/02/2016	P. 01	4 x 10 ³	1,5 x 10 ⁴	6,5 a 8,5	7,36
	P. 02	4 x 10 ³	2,1 x 10 ⁴	6,5 a 8,5	7,47
	P. 03	4 x 10 ³	2,4 x 10 ⁴	6,5 a 8,5	7,65
Verão – 28/04/2016	P. 01	4 x 10 ³	1,1 x 10 ⁴	6,5 a 8,5	7,20
	P. 02	4 x 10 ³	9,2 x 10 ⁴	6,5 a 8,5	7,40
	P. 03	4 x 10 ³	3,5 x 10 ⁴	6,5 a 8,5	7,95

Fonte: GONÇALVES, 2016.

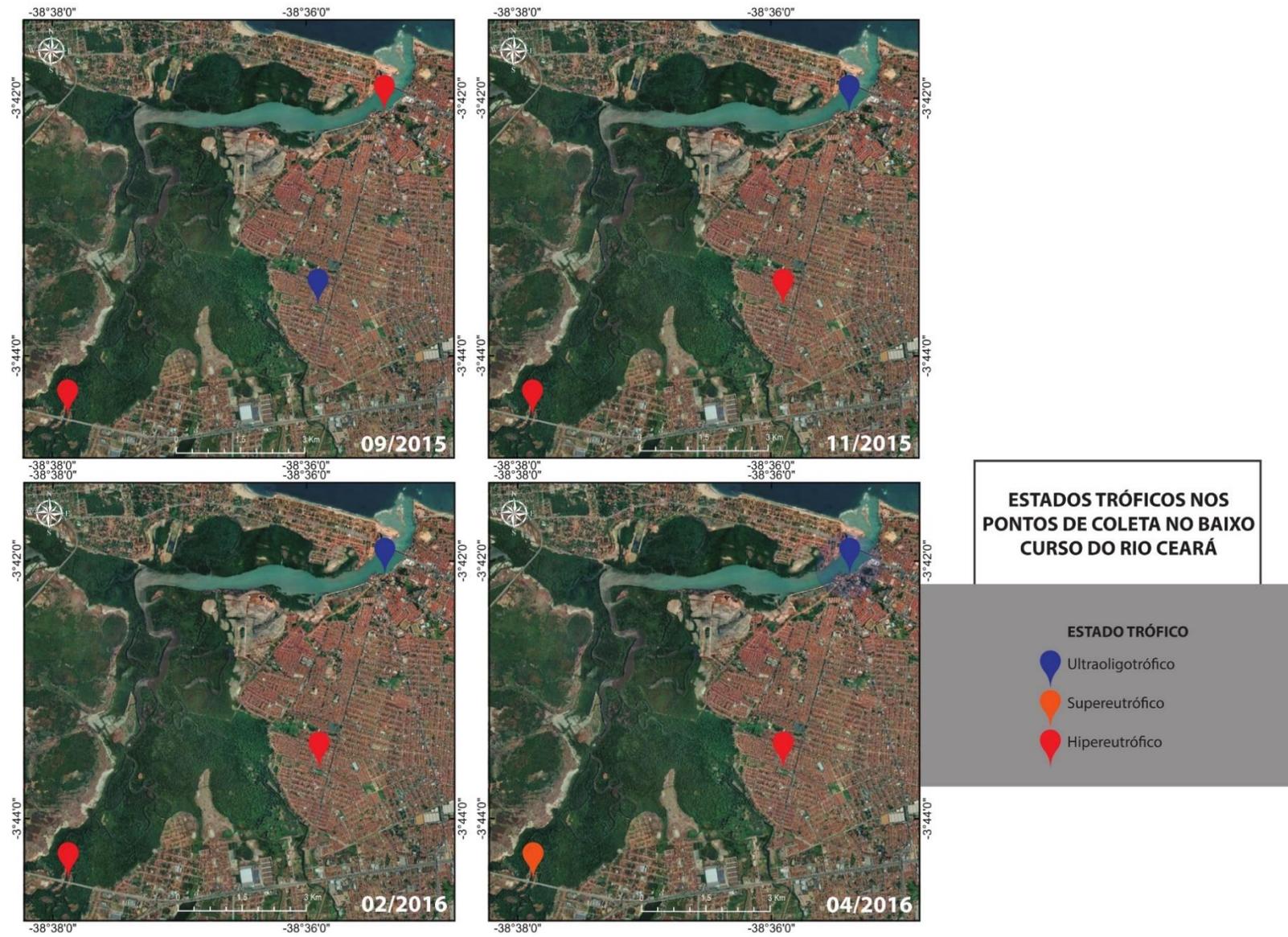
Assim, na classificação de águas salobras, os valores de pH devem variar de 6,5 a 8,5, afim de serem classificados como classes 1 e 2; e de 5 a 9 para ser classificados como classe 3. Nesse sentido, os valores de pH das amostras são classificados como neutros e estão de acordo com as especificações do CONAMA. Segundo Esteves (1998), o pH varia devido a concentração de H⁺, originado da dissociação do ácido carbônico, que geram valores baixos (ácidos), e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores (alcalinos).

Quanto aos coliformes Termotolerantes, os máximos permitidos por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras devem ser de 1.000 na classe 1, 2.500 na classe 2 e 4.000 na classe 3. Desde modo, a partir dos valores da tabela acima, observa-se que 91,6% das amostras apresentam valores acima de 1.000 NPM por 100 mililitros e somente 58,3% apresentam valores acima de 2.500 e 4.000 NPM por 100 mililitros, sendo valores que excedem os delimitados pelo CONAMA. Observa-se também que no verão, caracterizado como período chuvoso no qual deveria haver uma diluição da carga microbiana, se apresentam valores mais elevados devido ao aumento de efluentes urbanos lançados nos rios pelas chuvas.

Outros parâmetros investigados foram o Fósforo Total e a Clorofila a para o cálculo de Índice de Estado Trófico (IET). Os valores de IET indicam a possibilidade de utilização do corpo hídrico para abastecimento público e as condições referentes ao enriquecimento por nutrientes que geram o crescimento excessivo das algas ou proliferação de macrófitas (ESTEVES 1998; CETESB 2006).

A seguir, é apresentado um cartograma (Figura 23), mostrando a espacialização dos resultados do IET nos pontos de coleta em ordem cronológica, e a análise entre a relação desse parâmetro com os outros resultados já discutidos.

Figura 23: Mapa IET para os locais de amostragem de água.



O ponto 1, inserido entre os setores VII e XVI, está localizado em Caucaia, onde o rio é cortado pela CE085, que recebe um grande fluxo de automóveis diariamente. Nas três primeiras coletas, os valores de IET se mostraram como Hipereutrófico (Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes); e o último por Supereutrófico (característico de corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água) (CETESB, 2007; LAMPARELLI, 2004).

Ambos sendo típicos de áreas afetadas com elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, tendo sido comprometidos pelo uso indevido como precária infraestrutura e uso e ocupação desordenados, conforme pode ser verificado no registro fotográfico a seguir (Figura 24 e 25).

Figura 24: Situação das casas próximas ao primeiro ponto de coleta.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

Figura 25: Situação das casas próximas ao primeiro ponto de coleta.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

Associando esses resultados com os dados dos dois setores percebemos que a área possui precárias condições de infraestrutura. Das 122 casas presentes, em 18,8% delas os residentes admitiram usar rio, lago ou mar como destino direto dos seus dejetos sanitários. Sobre as fossas rudimentares, são 45,9% as casas em que os residentes disseram utilizá-las. Nesses setores também, 36% das casas tem seus lixos domésticos despejados em terrenos baldios ou logradouros e 37,7% das casas tem seus lixos queimados.

Esses números de saneamento e despejo de lixo, principalmente os de lançamento direto no rio, ajudam a explicar a classificação de IET. Também a utilização de fossas rudimentares, que poluem o solo e o lençol freático do rio. Os resultados da análise da qualidade da água, a análise da infraestrutura e o desmatamento da vegetação do mangue para ocupação das margens ajudaram a caracterizar essa área como unidade de fragilidade muito forte (Api555). As casas situadas nesses dois setores são precárias construções que seguem as duas margens do rio, estando sujeitas a inundações periódicas e doenças.

O setor do ponto 2 é o setor XL localizado no bairro Quintino Cunha, em Fortaleza, no rio Maranguapinho. A área foi classificada como de fragilidade muito forte (Apf555) devida a intensa ocupação do entorno, a canalização do rio e construção de galerias. Essa canalização do rio, além de descaracterizar o sistema fluvial, recebe toda ordem de resíduos, causando problemas como entupimento e assoreamento do canal, proliferação de vetores causadores de doenças e alagamentos.

Procedimentos de canalização acabam acelerando a velocidade das águas de escoamento, aumentando o risco de enchentes, assim como as construções e pavimentações das vias nas margens do canal, que impedem a infiltração e comprometem a recarga do lençol freático (BOTELHO, 2011).

No ponto de coleta, os valores de IET foram caracterizados como Ultraoligotrófico no primeiro e Supereutrófico nas últimas três coletas. Quando associamos esse resultado com a tábua de marés, observamos que na primeira coleta ocorreu maré de sizígia, o que ajuda a explicar o porquê do resultado Ultraoligotrófico, que caracteriza corpos d'água limpos, com concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água (CETESB, 2007; LAMPARELLI, 2004). Porém, em 75% das amostras o resultado foi negativo (Supereutrófico) o que pode ser explicado pelo lixo observado dentro do rio (Figura 26) e pelos assentamentos precários ao longo do rio, que contam com uma baixa qualidade de serviços públicos.

Figura 26: Rio Maranguapinho no bairro Quintino Cunha, próximo ao segundo ponto de coleta.



Fonte: Google Street View, 2016.

Nesse segundo ponto, o setor possui 148 casas, onde em 28,4% delas seus residentes relataram que utilizam rio, lago ou mar como destino direto dos seus dejetos sanitários. Nesse setor, 81% de seus residentes relataram que despejam seus lixos domésticos em terrenos baldios ou logradouros e 12% utilizam poço como forma de abastecimento de água. Embora exista rede de distribuição de água e esgoto no setor, as condições sanitárias são precárias, muito provavelmente devido muitas residências não estarem ligadas a rede de esgoto, seja por serem ocupações precárias, seja pelo alto custo da tarifa.

O terceiro ponto localiza-se próximo a foz do Rio Ceará, em um setor inserido em uma área de fragilidade emergente forte (Adf153) (Figura 26). A área possui uma intensa ocupação de casas, restaurantes, espaços de lazer, cultura e turismo.

Quanto aos resultados das amostras, estas foram classificadas em Ultraoligotrófico, com exceção da primeira, classificada em Supereutrófico. Relacionando a tabua de marés com os resultados observa-se que a coleta se deu entre o Estofa da maré, onde a correnteza para, e a inversão, quando se inicia o baixa-mar e a correnteza leva o material do rio ao mar.

Figura 27: Tipologia das casas próximas ao terceiro ponto de coleta.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

O setor XXXIII, onde foram coletadas as amostras do terceiro ponto possui um total de 93 casas, sendo que em 11,8% das casas seus residentes relataram que utilizam

rio, lago ou mar como destino direto dos seus esgotamentos sanitários, 7,5% utilizam fossas rudimentares e 9,6% valas. Porém, esses valores representam menos da metade (28,9%), sendo que a grande maioria das casas é ligada à rede geral de esgoto.

Nesse setor também, em 22,6% das casas, seus residentes relataram que queimam seus lixos e apenas 7,5% o jogam diretamente no rio ou mar. Esse setor possui um elevado grau de urbanização, inclusive com ocupações indevidas das margens do rio (Figura 27).

Figura 28: Local do terceiro ponto de coleta.



Fonte: GONÇALVES, 2016.

A variação de marés principalmente no período de chuvas, demonstraram maior poder de diluição de nutrientes. Isso devido ao ponto de coleta ser próximo à foz, onde há intensa troca de matéria e energia e se reflete nos resultados no qual 75% das amostras foram assinaladas como Ultraoligotróficas. Esse resultado positivo é importante, principalmente por ser um lugar de lazer para a população, principalmente a que mora no entorno, e aproveita tanto o banho de mar quanto do rio.

Resumindo, o nível de trofia mais presente nas amostras é o hipereutrófico ($IET > 67$), seguido pelo ultraoligotrófico ($IET \leq 47$) e apenas um supereutrófico ($63 < IET \leq$

67). Essa classificação hipóereutrófica reflete a grande disponibilidade de fósforo¹¹ e a elevada biomassa fitoplânctônica, em termos de clorofila a¹². Também reflete o elevado número de nutrientes que geram o crescimento excessivo das algas.

Utilizar rio, lago ou mar como destino direto dos seus dejetos sanitários é o pior tipo para o sistema fluvial do rio Ceará, pois aumenta o índice de coliformes fecais e matéria orgânica na água. Quanto maior for a concentração de matéria orgânica, maior será a proliferação de bactérias aumentando a demanda por oxigênio e causando sérios desequilíbrios no sistema.

A maioria desses reveses que o rio Ceará sofre se deve a ocupações irregulares ou de difícil acesso, onde os serviços de coleta de lixo não chegam. Também, a instalação de fossas sépticas ou ligação ao sistema de esgoto possuem um custo elevado para famílias que sobrevivem com baixas rendas.

¹¹ Entendido como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. (CETESB, 2004)

¹² Deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. (CETESB, 2004)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O baixo curso do rio Ceará possui valores ambientais e históricos inegáveis, tanto para o município de Fortaleza quanto para Caucaia, se apresentando ainda hoje como ambiente de lazer e subsistência para a população. O ecossistema manguezal apresenta vegetação exuberante, sendo uma importante área verde para ambos os municípios. Porém, essa é uma área que é naturalmente frágil, do ponto de vista ambiental, e que vem sofrendo impactos causados pela deficiência de infraestrutura básica, principalmente em áreas mais carentes, onde há ocupação desordenada, inclusive nas margens do rio.

Os resultados alcançados mostram que há uma estreita correlação entre as unidades de fragilidade presentes na área, os diagnósticos de infraestrutura básica e a qualidade de água. Destaca-se que a comparação e associação entre os mapas foi essencial, tanto na análise das diferentes variáveis dos setores pesquisados, como na análise da área do baixo curso como um todo, que também influem nos resultados pontuais.

Assim, as duas áreas de fragilidade emergente muito forte, onde há ocupação desordenada e elevados números de domicílios que despejam seu lixo e seu esgotamento sanitário diretamente no rio, são também as áreas com os piores índices de qualidade de água.

Também há uma correlação entre os resultados das análises na terceira área. Esta possui fragilidade emergente forte, bons valores de infraestrutura e resultados positivos na maioria das amostras da análise de água. Corroboram esse resultado o fato da área ter maior proximidade com o oceano e conseqüentemente, maior troca de matéria e energia, que faz com que a água do rio apresente boas condições de uso para pesca e lazer no local.

Apesar da diferença entre os resultados, as três áreas possuem em comum a presença de ocupações desordenadas com baixa infraestrutura, muitas delas diretamente nas margens do rio Ceará, como foi mostrado através dos registros fotográficos.

A área do baixo curso do rio Ceará, possui maior ocupação urbana em Fortaleza, que é também onde se concentram os piores indicadores de saneamento (principalmente nos setores localizados nos bairros Vila Velha e Quintino Cunha), conforme puderam ser observados nos mapas anteriormente apresentados. Já em Caucaia, pode-se notar que é o município com menos infraestrutura nas outras duas variáveis analisadas (abastecimento de água e coleta de lixo).

Os setores com piores valores de infraestrutura nos dois municípios se localizam próximos as margens do rio, e, portanto, correspondem as áreas de planície fluviomarina com fragilidade emergente forte e muito forte, sendo estas susceptíveis a problemas de ordem ambiental e social, como desmatamentos, queimadas, inundações, entre outros.

Como resultado das análises aqui apresentadas é possível afirmar que a área necessita de gerenciamento, através da melhoria de acesso a serviços como esgotamento sanitário, abastecimento de água e coleta de lixo; realocação de famílias que residem em áreas propensas a alagamentos em períodos chuvosos para áreas mais apropriadas e com boa infraestrutura; fiscalizar a ocupação da APA do Estuário do Rio Ceará.

Pelo fato do rio Ceará servir como divisa de dois municípios em seu baixo curso, ações de gerenciamento e a melhoria da infraestrutura da área, através de uma gestão e planejamento ambiental integrado, se tornam complicadas, pois depende das verbas e diretrizes de cada prefeitura.

Um meio de realizar uma ação de gestão integrada da área poderia ser através da Área de Proteção Ambiental do Rio Ceará, cujo gerenciamento cabe à SEMACE, que realiza fiscalizações contra agressões ao manguezal, como queimadas e desmatamento.

A análise realizada, relacionando os resultados de qualidade de água, e infraestrutura básica, associando com as áreas de fragilidade, ajudou a realização de um diagnóstico mais abrangente das condições ambientais e sociais do entorno do rio, se caracterizando como uma ferramenta útil para um planejamento ambiental e gerenciamento de rios urbanos.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas Sobre o quaternário.** Geomorfologia: GEOG/USP. São Paulo, n. 18, 1969.
- ANEEL & ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2. ed. Brasília, 2001. 328 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898:** preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário oficial da União, Brasília, 18 março de 2005.
- BEZERRA, L.J. C. **Caracterização dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Fortaleza, 2009. 144p.
- BIGARELLA, J.J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis: UFSC, vol. 1 e vol. 2, 1999. 245p.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- CAGECE. **Cagece prevê novos investimentos em Caucaia.** Disponível em: <<http://www.ceara.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/12630-cagece-preve-novos-investimentos-em-caucaia>> Acesso em: 01 de Junho de 2016.
- CARLOS, A. F. A. **A cidade.** 9ª ed. São Paulo: Contexto, 2011.
- CASSETI, V. **Geomorfologia.** 2005. Livro Online para download. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 24 de Abril de 2015.
- CEARÁ, Governo do Estado; Secretaria de Desenvolvimento Urbano - SDU. **Diagnóstico e macrozoneamento ambiental do Estado do Ceará.** Fortaleza, 1998. 3v.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2003. Serie relatórios, Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo e CETESB. São Paulo: 2004. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/> consulta realizada em: 16 de setembro de 2015.

CORRÊA, R. L. Perspectivas da urbanização brasileira: uma visão geográfica para o futuro próximo. In: Pereira, E. M.; DIAS, L. C. D. (Orgs.) **As cidades e a urbanização no Brasil: passado, presente e futuro**. Editora Insular, 2011.

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

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro, 1998.

FECHINE, J.A.L. **Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**. 2007. 116f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007.

GARCIA, F. **Hidroporto Condor: o pioneiro**. Disponível em: <<http://www.fortalezaemfotos.com.br/2014/03/hidroporto-condor-o-pioneiro.html>>. Acesso em: 22 de Jan. 2016.

GOOGLE Earth. Disponível em <http://maps.google.com/maps/tt32mrkWKnv>. Acesso: outubro de 2016.

GRIGORIEV, A. A. Os fundamentos teóricos da moderna geografia física. In: **The Interaction of Science in the Study of the Earth**. Moscou, 1968.

GUEROSIMOV, I. Problemas metodológicos de ecologización de la ciência contemporânea. In: **La sociedad el médio natural**. Moscou: Editorial Progreso, 1980.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Ambiental**. 5.ed. Rio de Janeiro- RJ. Bertrand Brasil. 2012. p.189;

JORGE, M. do C. O. Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

LANDIN NETO, F. O. **Aplicação do Modelo DPSIR na Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas, Ceará, Brasil: Subsídios para a Gestão Ambiental Local**. 2013. 174f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.

LEFF, E. **Saber Ambiental**. Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder. Petrópolis, RJ, Vozes/PNUMA, 2001. 343p.

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da (Org.) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Editora Vozes, 2001.

MARICATO, E. As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias: planejamento urbano no Brasil. In: ARANTES, O., VAINER, C.; MARICATO, H. **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. Petrópolis: Vozes, 2000.

_____. **Brasil Cidades: alternativas para a crise urbana.** 2ªed. Petrópolis: Vozes, 2001. 204 p.

MECERJAKOV, J. P. Les concepts de morphostruture et de morphoesculture: un novel instrument de l'analysis geomorfologique. In: **Annales de Geographie.** Paris, 1968.

MEIRELES, A.J.A. **Os riscos sócio-ambientais ao longo da zona costeira.** 57ª Reunião Anual da SBPC e Sociedades Científicas. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2005.

MEIRELES, A. J. D. A., CASSOLA, R. S., TUPINAMBÁ, S. V., QUEIROZ, L. D. S. **Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil.** Mercartor, 2007.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 1993.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo, Contexto, 2000.

_____. **Geografia Física: Ciência Humana?** 7ª ed. São Paulo: Editora Contexto, 2001.

MONTEIRO, J. B. **Chover, mas chover de mansinho: desastres naturais e chuvas extremas no Estado do Ceará.** 2011. 199f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2011.

MOURA, M.O. **O Clima de Fortaleza sob o Nível do Campo Térmico.** (Dissertação de Mestrado) UFC, 2008. p. 319.

NOBRE, L. **Ponte José Martins Rodrigues: ponte sobre o rio Ceará.** Disponível em: < <http://www.fortalezanobre.com.br/2013/11/ponte-jose-martins-rodrigues-ponte.html>>. Acesso em: 30 de Jan. 2016.

PAULA, E. M. S. de. **Geotecnologia aplicada a compartimentação ambiental da bacia do Rio Ceará-CE.** 2008. 109f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2008.

PENCK, Walter. **Morphological Analysis of Land Forms: a contribution of physical geology.** London: Macmilan, 1953.

PRÜSS-ÜSTÜN, A. et al. **Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health.** Geneva: World Health Organization, 2008.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados.** Revista do departamento de geografia, v. 8, 63-74. 1994.

ROSS, J. L. S. **Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental.** Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. n.9, p.65-75, 1995.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S.M.; AMARAL R. Da ecodinâmica à fragilidade ambiental: subsídios ao planejamento e gestão ambiental. In: LEMOS, A. I. G.; ROSS, J. L. S. LUCHIARI, A. (Orgs.) **América latina**: sociedade e meio ambiente. São Paulo: Expressão popular, 2008.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 9 ed. São Paulo: Contexto, 2014.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSSETTI, D. de F. Ambientes costeiros. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo- SP. Oficina de textos. 2008. p.318.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010. 222 p.

SANTOS, M. **A urbanização desigual**: especificidade do fenômeno em países subdesenvolvidos. Petrópolis: Vozes, 1980. 128p.

_____. **A Urbanização brasileira**. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SANTOS, J. O. ROSS, J. L. S. **Fragilidade ambiental urbana**. Revista da ANPEGE, v. 8, n. 10, p. 127 -144, ago./dez. 2012.

SANTOS, J. O. **Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos**. Revista Mercator, v. 14, n. 2, p. 75-90, 2015.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**: contribuições ao ordenamento territorial. 2011: 331f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2011.

SANTOS, J. O. **Vulnerabilidade ambiental e áreas de risco na Bacia hidrográfica do rio Cocó**: Região Metropolitana de Fortaleza-CE. 2006. 216f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2006.

SOUZA, M.J.N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: Editora FUNCEME, 2000. 6 a 98p.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. **Análise Ambiental**: Uma Prática da Interdisciplinaridade no Ensino e na Pesquisa. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 7, n. 2, 2011.

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

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

ZANELLA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino.** Caderno Prudentino de Geografia, n. 36. 2014. p. 126-142.

ZANELLA, M. E. MOURA, M.O. **O clima das cidades do nordeste brasileiro:** contribuições no planejamento e gestão urbana. Revista da ANPEGE, v. 9, n. 11. 2013. p. 75-89.