



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
DOUTORADO EM GEOGRAFIA**

**TAMIRES SILVA BARBOSA**

**GEOMORFOLOGIA URBANA E ANTROPOGÊNICA DO SETOR  
CENTRAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA –  
PARAÍBA, BRASIL**

**JOÃO PESSOA – PB  
2021**

**TAMIRES SILVA BARBOSA**

**GEOMORFOLOGIA URBANA E ANTROPOGÊNICA DO SETOR  
CENTRAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA –  
PARAÍBA, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, área de concentração Território, Trabalho e Ambiente, linha de pesquisa Gestão do Território e Análise Geoambiental, sob orientação do Prof. Dr. Max Furrier, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Geografia.

**JOÃO PESSOA-PB  
2021**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

B238g Barbosa, Tamires Silva.

Geomorfologia urbana e antropogênica do setor central da região metropolitana de João Pessoa-Paraíba, Brasil / Tamires Silva Barbosa. - João Pessoa, 2021.

161 f. : il.

Orientação: Max Furrier.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Relevo - formas. 2. Relevo tecnogênico. 3. Mapeamento antropogênico. 4. Tecnógeno. I. Furrier, Max. II. Título.

UFPB/BC

CDU 551.43(043)

**“GEOMORFOLOGIA URBANA E ANTROPOGÊNICA DO SETOR  
CENTRAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA -  
PARAÍBA, BRASIL”**

por

**Tamires Silva Barbosa**

Tese de Doutorado apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:



Prof. Dr. **Max Furrier**

Orientador



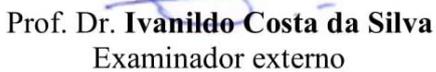
Prof. Dr. **Richarde Marques da Silva**

Examinador interno



Prof.ª Dr.ª **Doralice Sátyro Maia**

Examinadora interna



Prof. Dr. **Ivanildo Costa da Silva**

Examinador externo



Prof. Dr. **Alex Ubiratan Goossens Peloggia**

Examinador externo

**Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências Exatas e da Natureza  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Curso de Mestrado e Doutorado em Geografia**

**Fevereiro/2021**

*Ao meu avô, **Dr. Reginaldo Pedro da Silva** (in memoriam). O senhor será sempre meu exemplo e minha inspiração!*

*À minha querida prima **Edilane Cristina da Silva** (in memoriam), lembrar de seu sorriso em meio a tantas dores me motiva a ter forças para enfrentar a vida. Obrigada por ter existido e pelos bons momentos juntas!*

*À minha pequena **Thalia Barbosa Costa**...*

*Que seus vales sejam suaves, seus rios perenes, seus ventos favoráveis e seus montes alcançáveis. Que sua vida seja repleta de "Horsts", e que os "Grábens" te deixem sempre mais forte.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sua graça e misericórdia que me permitiu galgar lugares altos. Ao meu esposo, João Marcos, e à minha filha, Thalia, pela compreensão, ajuda e força. À minha filha eu peço perdão, por todo o tempo que lhe foi roubado para a execução deste trabalho. A toda a minha família e à família de meu esposo, pelo apoio, amor e torcida. Orgulho-me de vocês. Melhor família.

Aos bons professores que passaram em minha vida e tiveram papel fundamental em minha formação, dos quais poderia citar Prof.<sup>a</sup> Emília Moreira, Prof.<sup>a</sup> Doralice Sátyro Maia, Prof.<sup>a</sup> Lígia Tavares, Prof.<sup>a</sup> Christianne Maria da Silva, Prof.<sup>a</sup> Fátima Rodrigues e Prof.<sup>o</sup> Max Furrier.

Grata também aos amigos do Legam: Ivanildo Costa, Vinicius Ferreira e Alexandre Souza, que sempre se disponibilizaram para ajuda mútua, principalmente nos trabalhos de campo. Obrigada à minha amiga Maria Emanuella, pela ajuda constante em questões de geoprocessamento, assim como aos colegas Alexandro e Francisco Segundo, pela ajuda neste mesmo sentido.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Max Furrier, pela longa e difícil caminhada desde a graduação. Altos e baixos, grandes conquistas e muitos desafios nos acompanharam nestes 12 anos juntos (2009 – 2021).

Aos professores que compõem esta banca, por todas as considerações que ajudaram este trabalho a se desenvolver da melhor maneira possível. Muito obrigada.

Agradeço à Capes/Fapesq, pelo financiamento da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia. Eu agradeço a presteza dos serviços prestados, tanto das secretárias como da coordenação.

Ao Brasil, agradeço a oportunidade rica e única de conclusão de uma pós-graduação em nível de doutorado financiada por todos os brasileiros.

*“No dia da prosperidade, goza do bem, mas, no dia da adversidade, considera; porque também Deus fez este em oposição àquele, para que o homem nada ache que tenha de vir depois dele.”*

(Eclesiastes 7:14)

# GEOMORFOLOGIA URBANA E ANTROPOGÊNICA DO SETOR CENTRAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA – PARAÍBA, BRASIL

## RESUMO

Este trabalho consiste no estudo de uma área da Geomorfologia em franco desenvolvimento, qual seja, a Geomorfologia Urbana e Antropogênica, que trata da análise das formas de relevo resultantes de atividades antropogênicas diretas ou indiretas, e que é importante e crucial para a sociedade, pois analisa as bases sobre as quais se constroem os elementos urbanos, de trabalho, de lazer, moradia etc. Para este estudo, selecionou-se uma área específica correspondente ao setor central da Região Metropolitana de João Pessoa, mais especificamente três municípios: Cabedelo, João Pessoa e Conde, nos quais se realizou o estudo da Geomorfologia Urbana e Antropogênica. Mediante a junção de diversas metodologias, dentre elas as de Ross (1992), Ford *et al.* (2010), Peloggia *et al.* (2014a), Del Monte *et al.* (2016) e Cappadonia *et al.* (2020), e orientações encontradas na literatura, foi possível a confecção de um mapa de geomorfologia com foco nas formas antropogênicas que sintetizou toda a análise realizada e direcionou parte dela. No mapa final encontram-se quatro principais tipos de terrenos artificialmente construídos, que são os terrenos tecnogênicos Produzidos, Escavados, Preenchidos e Complexos, nos quais se identificaram e analisaram alguns tipos e unidades de formas de relevo antropogênicas, como, por exemplo: aterros para rodovias e ferrovias, diferentes tipos de depósitos tecnogênicos, formas relacionadas à mineração ou escavação superficial de terrenos, formas relacionadas a mudanças antropogênicas nos canais fluviais, planícies tecnogênicas, áreas agrícolas em terraços antropogênicos, entre outras. A importância de tal mapeamento para os municípios selecionados se dá pelo fato de eles poderem utilizar dos dados desta pesquisa para fins de planejamento urbano e/ou ambiental, tendo em vista que também se identificaram algumas áreas de risco geomorfológico em virtude da ocupação urbana ou instalação de atividades econômicas sobre determinadas unidades geológico-geomorfológicas onde os riscos são eminentes.

**Palavras-chave:** Relevo tecnogênico; Mapeamento antropogênico; Tecnógeno.

**URBAN AND ANTHROPOGENIC GEOMORPHOLOGY OF THE CENTRAL  
SECTOR OF THE METROPOLITAN REGION OF JOÃO PESSOA - PARAÍBA,  
BRAZIL**

**ABSTRACT**

This study consists of the study of an area of Geomorphology in rapid development, namely, Urban and Anthropogenic Geomorphology, which deals with the analysis of landforms resulting from direct or indirect anthropogenic activities, and which is important and crucial for society, because analyzes the bases on which are built the elements of city, work, leisure, housing etc. For this study, a specific area corresponding to the central sector of the Metropolitan Region of João Pessoa was selected, more specifically three municipalities: Cabedelo, João Pessoa and Conde, in which the study of Urban and Anthropogenic Geomorphology was carried out. By combining several methodologies, including those by Ross (1992), Ford *et al.* (2010), Peloggia *et al.* (2014a), Del Monte *et al.* (2016) and Cappadonia *et al.* (2020), and guidelines found in the literature, it was possible to make a geomorphology map with a focus on anthropogenic forms that synthesized all the analysis carried out and directed part of it. The final map contains four main types of artificially constructed ground, which are the made, worked, infilled and landscaped technogenic grounds, in which some types and units of anthropogenic landforms have been identified and analyzed, such as: landfills for highways and railways, different types of technogenic deposits, forms related to mining or superficial excavation of ground, forms related to anthropogenic changes in river channels, technogenic plains, agricultural areas on anthropogenic terraces, among others. The importance of such mapping for the selected municipalities is due to the fact that they can use the data of this research for urban and/or environmental planning purposes, considering that some areas of geomorphological risk have also been identified due to urban occupation or installation of economic activities over certain geological-geomorphological units where the risks are imminent.

**Keywords:** Technogenic landforms; Anthropogenic mapping; Technogen.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo da proposta taxionômica para classificação e mapeamento das formas de relevo considerando os seis táxons de Ross (1992).....	40
Figura 2 – Exemplos da classificação hierárquica das formas de relevo. ....	44
Figura 3 – Mapa representando a Região Metropolitana de João Pessoa. ....	45
Figura 4 – Regiões geográficas do estado da Paraíba. ....	46
Figura 5 – Mapa de localização dos municípios de Cabedelo, João Pessoa e Conde. ....	47
Figura 6 – Localização da Bacia Sedimentar Marginal Paraíba.....	49
Figura 7 – Coluna estratigráfica esquemática da Bacia Paraíba no trecho da sub-bacia Alhandra. ....	50
Figura 8 – Recifes rochosos paralelos ao município de Cabedelo. ....	55
Figura 9 – Mapa das bacias hidrográficas de trecho do estado da Paraíba. ....	59
Figura 10 – Modelo esquemático para averiguação do entalhamento médio e da dimensão interfluvial.....	67
Figura 11 – Imagem de satélite da parte noroeste do município de João Pessoa, mostrando cidades baixa e alta. ....	72
Figura 12 – Mapa de expansão da malha urbana de João Pessoa no período de 1963 a 2011. ....	75
Figura 13 – Mapa de bairros atuais do município de João Pessoa. ....	76
Figura 14 – Mapa hipsométrico do município de João Pessoa.....	77
Figura 15 – Mapa de declividade do município de João Pessoa. ....	80
Figura 16 – Mapa geológico de João Pessoa.....	81
Figura 17 – Topos semicolinosos – Distrito Industrial, João Pessoa, imediações do riacho Mussuré.....	86
Figura 18 – Aterro sanitário de João Pessoa.....	87
Figura 19 – Depósito lítico calcáreo disposto na praia do Seixas – João Pessoa.....	88
Figura 20 – Depósito lítico disposto no sopé da Barreira Cabo Branco – João Pessoa. ....	89
Figura 21 – Imagem de satélite da praia de Tambaú, mostrando processo de progradação praial a partir da parte sul do Hotel Tambaú. ....	90
Figura 22 – Depósito de <i>petcoke</i> no bairro do Mussuré – João Pessoa. ....	91
Figura 23 – Aterro para avenida sobre o vale do rio Timbó – João Pessoa. ....	92
Figura 24 – Trecho do curso do rio Jaguaribe (rio Morto) localizado às margens do Bairro São José, ao lado do Manaíra Shopping – João Pessoa. ....	93
Figura 25 – Obra para recuperação da área do antigo lixão do Róger, com colocação de dreno para chorume – João Pessoa. ....	94
Figura 26 – Obra para recuperação da área do antigo lixão do Róger, com vertentes antropogênicas – João Pessoa. ....	94

Figura 27 – Dolina urbanizada no Parque Sólon de Lucena, João Pessoa, com curvas de nível em vermelho e cotas altimétricas em amarelo. ....	95
Figura 28 – Cicatriz de erosão em vertente antropogênica nas margens da Avenida Via Oeste – João Pessoa. ....	96
Figura 29 – Corte formando vertente antropogênica sobre a Formação Barreiras próximo às três lagoas, Conjunto Esplanada – João Pessoa. ....	97
Figura 30 – Superfície de escavação e Vertente Tecnogênica no bairro do Timbó – João Pessoa. ....	98
Figura 31 – Escavação por extração mineral que deu origem à comunidade Timbó, registrada por ortofotocartas 89/90 de 1978. ....	99
Figura 32 – Comunidade Timbó sobre a antiga área de extração mineral. ....	100
Figura 33 – Vale do rio Cuiá entre os bairros de José Américo e Mangabeira. ....	101
Figura 34 – Área de carcinicultura vista a partir do bairro Alto do Céu – João Pessoa. ....	102
Figura 35 – Lagoas tecnogênicas da estação de tratamento de água em Mangabeira – João Pessoa. ....	102
Figura 36 – Lagoas de dejetos no Roger – João Pessoa. ....	103
Figura 37 – Elementos urbanos construídos sobre os Tabuleiros Costeiros próximos à falésia de Cabo Branco (falésia ativa). ....	104
Figura 38 – Erosão costeira na praia do Seixas com a presença de objetos artificiais destruídos e exposição de camadas de aterros. ....	105
Figura 39 – Hotel Tambaú, com a praia de Tambaú ao sul em progradação e a praia de Manaíra ao norte em processo de erosão costeira. ....	106
Figura 40 – Área de extração de areia na divisa do município de João Pessoa com o Conde. ....	107
Figura 41 – Mina de calcário no bairro de Mandacaru, João Pessoa. ....	108
Figura 42 – Evolução da ocupação e urbanização do município de Cabedelo do século XVI ao século XXI. ....	110
Figura 43 – Mapa de bairros do município de Cabedelo. ....	112
Figura 44 – Progradação praial na praia do Miramar, Cabedelo. ....	114
Figura 45 – Depósitos líticos – molhes para conter erosão, Praia de Ponta de Matos – Cabedelo. ....	115
Figura 46 – Depósitos líticos – dique na Praia do Miramar – Cabedelo. ....	116
Figura 47 – Depósitos tecnogênicos decorrentes de atividades de extrativismo nas margens do rio Paraíba no bairro do Renascer, Cabedelo. ....	116
Figura 48 – Depósitos tecnogênicos úrbicos no bairro do Renascer, Cabedelo. ....	118
Figura 49 – Depósitos tecnogênicos de <i>petcoke</i> , Recanto do Poço – Cabedelo. ....	118
Figura 50 – Aterros para ferrovia e rodovia – Cabedelo. ....	119
Figura 51 – Área de lazer sobre a planície interdial do rio Paraíba no bairro de Jacaré. ....	120

Figura 52 – Gabiões de granito descaracterizando completamente a planície intertidal no bairro de Jacaré.....	121
Figura 53 – Minas de extração de areia inativas em Cabedelo. ....	121
Figura 54 – Taques de carnicultura em Cabedelo. ....	123
Figura 55 – Área de empréstimo de sedimentos em Cabedelo.....	123
Figura 56 – a) Praia de Ponta Matos; b) Praia de Camboinha; c) Praia do Poço; d) Praia de Ponta de Campina. ....	125
Figura 57 – Malha Urbana dos municípios de Cabedelo, João Pessoa e Conde (em amarelo). ....	126
Figura 58 – Município do Conde em imagem de satélite e suas zonas urbanas destacadas. .	126
Figura 59 – Mapa geológico do município do Conde. ....	128
Figura 60 – Mapa de hipsometria do município do Conde. ....	130
Figura 61 – Mapa de declividade. ....	132
Figura 62 – Aterro para avenida PB 008, município do Conde. ....	135
Figura 63 – Modificações tecnogênicas do solo no município do Conde. ....	136
Figura 64 – Depósito Sedimentar formado por aterro na planície costeira na praia de Jacumã, Conde. ....	137
Figura 65 – Área de terraceamento agrícola próximas ao rio da Salsa, Conde. ....	138
Figura 66 – Área de terraceamento agrícola próxima ao rio da Salsa, Conde, com destaque para as vertentes tecnogênicas. ....	139
Figura 67 – Área de plantação em curvas de nível, Conde. ....	139
Figura 68 – Corte de estrada, Conde. ....	140
Figura 69 – Mina de exploração de Calcário, Conde. ....	141
Figura 70 – Área de extração de areia, Conde.....	142
Figura 71 – Área de escavação superficial sobre a Formação Barreiras, Conde.....	143
Figura 72 – Lagoas tecnogênicas na ETA Gramame, Conde.....	143
Figura 73 – Voçoroca no centro da cidade do Conde.....	144
Figura 74 – Voçoroca na praia de Arapuca, Conde.....	145
Figura 75 – Zona do litoral Sul do Conde com voçorocas e áreas loteadas. ....	146
Figura 76 – Erosão de vegetação e objetos artificiais na praia de Jacumã, Conde. ....	146

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medida das classes de hipsometria do município de João Pessoa.....	78
Tabela 2 – Medida das classes de declividade em km <sup>2</sup> .....	79
Tabela 3 – Medida das classes de hipsometria do município do Conde .....	131
Tabela 4 – Medida das classes de declividade em km <sup>2</sup> .....	131

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de terrenos tecnogênicos para mapeamento geológico e geomorfológico.....	42
Quadro 2 – Matriz do índice de dissecação do relevo.....	66
Quadro 3 – Classificações e nomenclaturas para mapeamento de Geomorfologia Antropogênica.....	69

## LISTA DE SIGLAS

Actf – Área de acumulação de colúvio e terraço fluvial  
Actpf – Área de acumulação de colúvio, terraço e planície fluvial  
Aesa – Agência Executiva de Gestão das Águas  
Apf – Área de acumulação de planície fluvial  
Api – Área de acumulação de planície intermareal  
Atpf – Área de acumulação de terraços e planícies fluviais  
Atpm – Área de acumulação de terraços e planícies marinhas  
Cagepa – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba  
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CVP – Coque verde de petróleo  
Dc – Denudação convexa  
Dt – Denudação tabular  
Dtd – Divisor topográfico direito  
Dte – Divisor topográfico esquerdo  
Efv – Elevação de fundo de vale  
Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Enb – Formação Barreiras miocênica  
ETA – Estação de tratamento de água  
ETE – Estação de tratamento de esgoto  
FNEM – Fórum Nacional de Entidades Metropolitanas  
GPS – *Global Position System*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Kg – Formação Gramame cretácea  
Legam – Laboratório de Estudos Geológicos e Ambientais  
MDT – Modelo digital do terreno  
Qa – Aluviões e sedimentos inconsolidados quaternários  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
TIN – *Triangular Irregular Network*  
ZCPA – Zona de Cisalhamento Patos  
ZCPE – Zona de Cisalhamento Pernambuco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1	HIPÓTESE.....	19
1.2	JUSTIFICATIVA .....	20
1.3	OBJETIVOS .....	21
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1	GEOMORFOLOGIA E AGENTES FORMADORES DE RELEVO .....	22
2.2	QUINÁRIO/TECNÓGENO/ANTROPOCENO .....	24
2.3	GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA.....	27
2.4	GEOMORFOLOGIA URBANA.....	34
2.5	CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA E MAPEAMENTO DAS FORMAS ANTROPOGÊNICAS .....	38
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>45</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO .....	45
3.2	CLIMA E ASPECTOS MORFOCLIMÁTICOS .....	47
3.3	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICAS .....	49
<b>3.3.1</b>	<b>Geologia .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Geomorfologia.....</b>	<b>52</b>
3.4	ASPECTOS PEDOLÓGICOS.....	56
3.5	VEGETAÇÃO .....	58
3.6	HIDROGRAFIA.....	59
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS.....</b>	<b>61</b>
4.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO .....	62
4.2	PRODUÇÃO DE MAPAS DE HIPSOMETRIA, DECLIVIDADE E GEOLÓGICO .....	63
<b>4.2.1</b>	<b>Mapas de hipsometria .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Mapas de declividade.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Mapas geológicos.....</b>	<b>65</b>
4.3	MAPA GEOMORFOLÓGICO COM FOCO NAS FORMAS ANTROPOGÊNICAS .....	65
4.4	EROSÃO COSTEIRA ANTROPOGÊNICA.....	70
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>72</b>

5.1	MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA .....	72
5.1.1	<b>Evolução urbana e sua geomorfologia .....</b>	<b>72</b>
5.1.2	<b>Dados morfométricos de hipsometria e declividade .....</b>	<b>76</b>
5.1.3	<b>Aspectos geológicos .....</b>	<b>80</b>
5.1.4	<b>Mapeamento geomorfológico – 1º ao 4º táxon.....</b>	<b>82</b>
5.1.5	<b>Mapeamento geomorfológico – 6º táxon.....</b>	<b>86</b>
5.2	MUNICÍPIO DE CABEDELO.....	108
5.2.1	<b>Evolução urbana e sua geomorfologia .....</b>	<b>108</b>
5.2.2	<b>Mapeamento geomorfológico – 1º ao 4º táxon.....</b>	<b>112</b>
5.2.3	<b>Mapeamento geomorfológico – 6º táxon.....</b>	<b>113</b>
5.3	MUNICÍPIO DO CONDE.....	125
5.3.1	<b>Evolução urbana e sua geomorfologia .....</b>	<b>125</b>
5.3.2	<b>Aspectos geológicos .....</b>	<b>127</b>
5.3.3	<b>Dados morfométricos de hipsometria e declividade .....</b>	<b>129</b>
5.3.4	<b>Mapeamento geomorfológico – 1º ao 4º táxon.....</b>	<b>132</b>
5.3.5	<b>Mapeamento geomorfológico – 6º táxon.....</b>	<b>135</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>148</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>150</b>

**ANEXO A – Mapa geomorfológico antropogênico do setor central da Região Metropolitana de João Pessoa ..... Erro! Indicador não definido.**

## 1 INTRODUÇÃO

As formas de relevo se formam naturalmente por processos endógenos, como vulcanismo, tectônica ou abalos sísmicos, e por processos exógenos, por meio dos fenômenos atmosféricos como ventos e chuvas. Por vezes, sobretudo atualmente, as ações humanas interferem nos processos de formação do relevo, abrindo-se, assim, espaço para uma nova vertente da Ciência Geomorfológica que pode ser denominada de Geomorfologia Antropogênica ou Antropogeomorfologia.

A Geomorfologia Antropogênica é um ramo da Geomorfologia que estuda todo o processo que cria novas formas de relevo a partir da ação humana ou quando há alteração de alguma forma já antes estabelecida, sendo a ação humana direta ou indireta (NIR, 1983). Não se refere apenas à forma de relevo resultante de um processo antrópico, mas também considera as alterações dos processos morfogenéticos naturais, bem como a formulação de propostas a fim de evitar e mitigar impactos nocivos (SZABÓ, 2010).

As formas de relevo de origem antropogênica podem ser denominadas de relevo antropogênico ou relevo tecnogênico (PELOGGIA, 2005). Tais formas podem ser mais comumente encontradas (mas não exclusivamente) em zonas de maior densidade demográfica, como nas cidades, e, dependendo da intensidade da ação humana, do tipo de relevo ocupado e das demais características físicas da área, essas formas antropogênicas podem evoluir de diferentes maneiras. Sendo assim, a parte da Geomorfologia Antropogênica que estuda o relevo da área urbana é denominada Geomorfologia Urbana.

As formas de relevo urbanas e antropogênicas são o objeto de estudo desta pesquisa. Tais formas sintetizam todos os processos que as geraram e podem apontar quais são as possíveis consequências geomorfológicas e ambientais que esses processos ainda vão causar na área em que se situam.

Os estudos geomorfológicos nas áreas urbanas são importantes no planejamento da expansão urbana e no gerenciamento do espaço construído, uma vez que toda construção humana se assenta sobre bases geológicas e geomorfológicas específicas e diversificadas, com características próprias e dinâmica evolutiva que acontece no tempo e no espaço, independentemente de ação humana, embora esta ação, muitas vezes, acelere a evolução dos processos geomorfológicos, tais como erosão (processos denudacionais) e acumulação de sedimentos (processos agradacionais).

As diferentes formas de relevo podem dar às cidades características específicas que devem ser consideradas no processo de construção e expansão urbana. Assim, o relevo pode dar forma à cidade, bem como a cidade pode reconfigurar o relevo.

A área selecionada para este estudo compreende o setor central da Região Metropolitana de João Pessoa, mais precisamente três municípios, que são: João Pessoa, Conde e Cabedelo. Estes têm suas áreas com considerável nível de urbanização e cobrem diferentes realidades geomorfológicas, dentre as quais podem-se citar: os baixos planaltos tabulares em João Pessoa; planícies marinhas e interdiais em Cabedelo; e os tabuleiros dissecados do Conde. Desta forma, a ação morfogenética antrópica atua de diferentes formas nos três municípios, permitindo um estudo com abordagem mais completa da Geomorfologia Urbana e Antropogênica em diferentes realidades.

Para o estudo do relevo resultante das ações antropogênicas, uma ferramenta muito importante é a cartografia geomorfológica. Por meio do mapeamento do relevo, é possível registrar as formas antropogênicas no local, além de analisá-las quantitativamente e qualitativamente, mediante a verificação em campo e análise do mapa.

O mapa geomorfológico pode conter várias abordagens que evidenciam determinadas formas de relevo e processos morfogenéticos, conforme os objetivos de cada pesquisador. Um dos grandes expoentes na temática de mapeamento geomorfológico no Brasil é Ross (1992), que traz uma divisão de seis táxons de relevo abordados no seu mapa geomorfológico, que pode ser utilizado em estudos gerais sobre a geomorfologia de determinada área, explanando desde a grande morfoestrutura até as formas de relevo mais atuais.

Outros autores com trabalhos mais recentes têm trazido diversas metodologias para o mapeamento geomorfológico específico de formas urbanas e antropogênicas, dentre os quais podem ser citados: Rodrigues (2005), Ford *et al.* (2010), Peloggia *et al.* (2014a), Del Monte *et al.* (2016), Brandolini *et al.* (2018) e Cappadonia *et al.* (2020).

Nesta pesquisa serão elaborados, além de mapas temáticos que auxiliam a compreensão geral das características físicas e geomorfológicas da área de estudo, um mapa principal de geomorfologia com foco nas formas de relevo urbanas e antropogênicas da área de estudo, que resumirá todas as análises geomorfológicas considerando o ser humano como agente da morfogênese local.

O uso do sensoriamento remoto foi muito importante neste processo de construção do mapa geomorfológico, sendo considerado um tipo de coletor de informações bastante válido, além de permitir a identificação de várias formas potencialmente antropogênicas e processos atuantes sobre elas, que posteriormente foram conferidas em trabalhos de campo. As cartas

topográficas, mapas temáticos e modelos digitais, foram igualmente fundamentais para o mapeamento geomorfológico, principalmente para reunir dados que serviram de base para tal mapeamento.

Das formas de relevo antropogênicas mapeadas, podem ser encontradas formas agradacionais (de acumulação) e degradacionais (de erosão). As agradacionais são formas relacionadas à deposição, e as degradacionais podem dar origem a superfícies negativas ou superfícies de erosão.

As modificações antropogênicas podem ser responsáveis pelo desequilíbrio e reconfiguração do Geossistema. O estudo da Geomorfologia Urbana e Antropogênica pode apontar quais as novas formas de funcionamento do sistema ambiental físico, conforme o nível e o tipo de atividade antrópica desenvolvida. A construção urbana na planície fluvial, por exemplo, pode provocar mudança no aporte de sedimentos que chegam ao leito do rio e, conseqüentemente, modificar a profundidade do leito por meio de assoreamento e desencadear de enchentes, inundações etc.

Assim, vê-se que a paisagem geomorfológica construída ou modificada predominantemente pela ação antropogênica pode ser bastante dinâmica e estar em constante transformação, levando a diferentes resultados, dependendo das formas de relevo, dos processos morfogenéticos atuantes e da atividade antrópica desenvolvida.

Portanto, a partir do estudo da Geomorfologia Urbana e Antropogênica dos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Conde, são obtidos dados e produtos cartográficos capazes de explicar como a ação humana sobre o relevo resulta em diferentes processos. Dessa forma, puderam-se levantar diversos questionamentos para construir os caminhos desta pesquisa, dentre os quais:

- a) Como os diferentes aspectos geomorfológicos podem interferir na forma de ocupação e urbanização nos três municípios selecionados para o estudo?
- b) As ações antropogênicas têm sido tão atuantes quanto os processos naturais na produção e evolução do relevo nessa área?
- c) O mapa geomorfológico é realmente uma ferramenta eficaz para realização dos estudos de Geomorfologia Urbana e Antropogênica nessa área?

Na tentativa de responder às questões levantadas é que este trabalho se desenvolveu.

## 1.1 HIPÓTESE

Os diferentes compartimentos geomorfológicos da área de estudo, referentes à porção central da Região Metropolitana de João Pessoa, e mais especificamente os municípios de Cabedelo (cordões litorâneos e planícies interdiais e marinhas), João Pessoa (baixos planaltos costeiros e planícies fluviais e marinhas) e Conde (tabuleiros dissecados formando superfícies colinosas, planícies fluviais e marinhas), têm sofrido intensas modificações devido às formas de uso e ocupação do solo nessas áreas e ao desenvolvimento de atividades econômicas, como a mineração e o turismo, e urbanas, como a implantação de prédios e elementos urbanos em geral e as obras de engenharia.

Desta forma, alguns questionamentos e hipóteses podem ser levantados e estudados como formas de análise e compreensão de como esse processo de construção e modificação do relevo vem acontecendo, conforme avança a atuação humana sobre o relevo natural e sobre os processos morfogenéticos.

Assim, pode-se levar em consideração que novas formas de relevo, denominadas de formas antropogênicas ou tecnogênicas, têm sido geradas em virtude do modo de uso do solo e principalmente o avanço do processo de urbanização. Muitas dessas formas ainda não foram identificadas em estudos recentes, tampouco foram analisadas e mapeadas. Além das formas de relevo tecnogênicas, têm-se originado novos terrenos e depósitos de origem antropogênica, que são os depósitos tecnogênicos, que também necessitam de análises, identificação e mapeamento.

Os processos antropogênicos sobre a superfície dos três municípios têm alterado e originado não só as formas e depósitos tecnogênicos de maneira direta, mas também têm alterado de maneira indireta, na medida em que há modificação dos processos morfogenéticos atuais naturais. Desta maneira, as atividades antropogênicas que atuam no relevo da área de estudo, atualmente, podem ser equivalentes ou superiores à atuação das forças exógenas relacionadas aos fenômenos intempéricos, como chuvas, ventos etc., tornando o ser humano um agente geomorfológico ativo na esculturação da superfície terrestre nesses três municípios.

Assim, é importante ressaltar quais são os processos determinantes da origem, modificação e desenvolvimento da superfície de relevo tecnogênico. Para tanto, será utilizado o mapeamento de Geomorfologia Urbana e Antropogênica como produto final que sintetizará os dados de análise desta pesquisa.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A Geomorfologia Antropogênica é um ramo da Geomorfologia ainda muito pouco estudado no Brasil, sobretudo na Região Nordeste. Esta pesquisa se justifica pelo fato de contribuir para o avanço teórico dos estudos geomorfológicos nos quais o ser humano vem a ser um dos grandes agentes formadores e transformadores do relevo, principalmente no que diz respeito às zonas intensamente urbanizadas.

Também é de grande importância a difusão de novas metodologias para a realização de mapeamento de formas de relevo de origem antropogênica em áreas urbanas. Neste sentido, este trabalho reúne as principais metodologias atuais para mapeamento geomorfológico com foco em relevo antropogênico.

O estudo da Geomorfologia Urbana e Antropogênica da área selecionada fornece visão ampla acerca da ação humana sobre diferentes unidades de relevo, e podem ser mapeadas formas e processos antropogênicos que nunca tinham sido estudados nesta área, gerando produtos cartográficos inéditos em um mapeamento que obteve dados extremamente detalhados.

Os dados resultantes deste trabalho podem ser utilizados para o planejamento de ações quanto ao espaço urbano dos três municípios e quanto aos seus aspectos ambientais. Como relata Huggenberger *et al.* (2011), no geral, a pesquisa executada dentro das universidades poderia construir pontes para fornecer uma transferência rápida de conhecimento das universidades para o público e seus serviços responsáveis, pela proteção dos recursos da natureza. Ou seja, o conhecimento aqui produzido é importante, sobretudo devido às amplas possibilidades de aplicação dos dados à sociedade.

Para o efetivo, útil e correto planejamento ambiental e ordenamento territorial em áreas urbanas, torna extremamente necessário o estudo dos aspectos físicos das áreas onde se situam as cidades. A geomorfologia da área vem a ser um dos elementos principais a ser considerado nesses tipos de planejamentos.

Assim, os dados aqui publicados podem ser aplicados a tais ações de planejamento na cidade, e servir como base para mapeamentos de áreas de riscos geomorfológicos, identificação de áreas com restrição de ocupação por conter, por exemplo, grandes declividades, identificação de áreas potenciais para a expansão da malha urbana etc.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Compreender a atuação do ser humano como agente gerador de formas de relevo antropogênicas e transformador dos processos morfogenéticos naturais nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Conde, utilizando o mapeamento geomorfológico antropogênico detalhado como ferramenta de análise geomorfológica.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Distinguir, na área de estudo, as unidades morfoestruturais e morfoesculturais, os padrões e formas de relevo, os tipos de formas e as formas atuais presentes na área mediante mapeamento geomorfológico.
- b) Investigar, definir e mapear as principais formas de relevo de origem antropogênica nos três municípios e as alterações dos processos morfogenéticos naturais por meio de atividades antrópicas.
- c) Identificar, descrever e classificar os terrenos e depósitos tecnogênicos.
- d) Analisar como o processo de urbanização se deu em relação a cada realidade geomorfológica dos municípios estudados, bem como a atuação do ser humano como agente geomorfológico diante dos processos naturais nas zonas urbanas dos municípios.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 GEOMORFOLOGIA E AGENTES FORMADORES DE RELEVO

A Geomorfologia preocupa-se com o estudo das formas de relevo da Terra, bem como com os processos morfogenéticos responsáveis pela geração dessas formas. Hoje, sabe-se que existem inúmeros campos de conhecimento dentro dessa ciência, por exemplo: a geomorfologia fluvial, costeira, estrutural, urbana, antropogênica, entre outros, o que a torna rica, porém complexa e bastante percorrida no meio científico, devido à sua relevância.

De acordo com Guerra e Guerra (1997), a Geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo, a sua gênese, estrutura, a natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de forma geral, entram como fatores modeladores do relevo terrestre. Já Suguio (1998), sintetiza a definição de Geomorfologia como o estudo dos processos e produtos envolvidos no desenvolvimento do relevo.

Acompanhando esta mesma visão, Penteado (1983) ressalta que a Geomorfologia tem dois aspectos muito importantes para analisar, que são: a descrição das formas de relevo e a gênese delas. Sobre isso, Suguio (2000), expõe que a descrição das formas se fundamenta na identificação e relato das suas características, e, ao passo que essa identificação é feita, deve-se também chegar às interpretações genéticas e evolutivas dessas formas (geomorfologia evolutiva).

Portanto, o estudo dos processos morfogenéticos (ou seja, a gênese das formas) é necessário e extremamente importante. Como explana Christofolletti (1980), as formas de relevo constituem o objeto de estudo da Geomorfologia, mas, se as formas existem, é porque elas foram esculpidas pela ação de determinado processo ou grupo de processos. Assim, o estudo unicamente descritivo dessas formas não contemplaria o entendimento de sua origem nem de sua evolução.

As formas de relevo da Terra há muito são estudadas por diversos pesquisadores dentro da então Ciência Geomorfológica, dadas como resultado da interação das ações dos agentes endógenos e exógenos que atuam no interior e superfície da Terra. Como aponta Cholley (1950), o relevo é entendido como resultado das forças antagônicas, sintetizadas pelas atividades tectônicas e estruturais e mecanismos morfoclimáticos ao longo do tempo geológico.

Devido a essa combinação da ação dos agentes endógenos e exógenos na formação do relevo, a Geomorfologia, inicialmente, deteve uma característica de dualidade no que diz respeito à sua base conceitual, que dividia essa ciência em dois grandes grupos de influência: o

primeiro era ligado à Geologia, que considerava os eventos tectônicos (fenômenos endógenos) como principais agentes na formação do relevo; e o segundo era ligado à Geografia, que considerava que as formas de relevo tinham predominância da ação do clima em sua formação.

Cassetti (2005) faz uma síntese evolutiva dos postulados geomorfológicos, e indica o discernimento de duas linhagens epistemológicas iniciais na Geomorfologia: uma identificada como de natureza anglo-americana, que tinha como norte epistemológico a geomorfologia ligada à estrutura (Geologia); e outra de raízes propriamente germânicas, que posteriormente incorporou a produção publicada pelos russos e poloneses, que adotava mais uma perspectiva climática. Dessa forma, estabeleciam-se os dois grandes campos de estudo que até os dias atuais existem dentro da Geomorfologia: a geomorfologia estrutural e a climática.

Somente no fim da década de 1930, conforme Cassetti (2005), a corrente anglo-americana começou a adotar novos paradigmas conceituais em relação à Geomorfologia, e a influência do pensamento alemão se espalhou nos Estados Unidos da América, que começaram a se distanciar da concepção unicamente estrutural para explicar a evolução das formas de relevo. Então, Cholley (1950) introduziu a ideia de dialética das forças, considerando conjuntamente as forças endógenas e exógenas para a formação do relevo.

Mesmo depois da constatação de Cholley (1950), vários trabalhos continuaram a ser publicados, mundialmente, dentro da perspectiva da geomorfologia estrutural, como aponta Christofolletti (1980), podendo-se citar as obras de Pierre Birot (1958) – *Morphologie Structurale*, e de Jean Tricart (1968) – *Géomorphologie Structurale*. Também continuaram as produções sob a ótica da geomorfologia climática, citando Christofolletti (1980) autores como Holzner e Weaver (1965), Schou (1965) e Stoddart (1969).

No Brasil, os estudos geomorfológicos se desenvolveram mais recentemente. Ab'Sáber (1958) relata três períodos principais: (a) período dos predecessores, que são os relatos esparsos dos viajantes (até 1910); (b) período dos estudos pioneiros, que se caracteriza pela inserção de pesquisadores estrangeiros especialistas em geologia e geomorfologia aqui no Brasil, que elaboram seus trabalhos com participação de pesquisadores brasileiros (até cerca de 1930); e (c) período da geomorfologia moderna.

Genericamente, pode-se dizer que a estruturação científica da geomorfologia no Brasil se dá neste último período e está muito associada a dois grandes marcos na história política e cultural do Brasil dos anos de 1930, que são: de um lado, a criação e a institucionalização de várias universidades, destacando-se a Universidade de São Paulo; e, já com o Estado Novo (1937-1945), a criação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (VITTE, 2010).

A Geomorfologia juntamente com a Geologia foram incorporadas aos cursos de Geografia e Engenharias após a institucionalização das universidades. Por isso, a produção dos trabalhos no âmbito geomorfológico no Brasil vem sendo difundida principalmente a partir dos geógrafos. Ab'Sáber (1958) afirmou haver uma grande produção na área de Geomorfologia no Brasil, que seria resultante justamente da ampliação dos cursos de Geografia.

Acompanhando o cenário inicial da geomorfologia mundial, a dicotomia estrutural x climática também ocorreu aqui no Brasil, inclusive abordando a questão se a Geomorfologia seria ramo da Ciência Geográfica ou Geológica, porém, Suguio (2000) enfatiza que, independentemente das dissensões ou subdivisões da Geomorfologia, não há dúvidas de que ela abarca conhecimentos imprescindíveis às Geociências (Geografia, Ecologia etc.).

Dentro da Geomorfologia, que hoje tem várias subáreas, como glacial, costeira, fluvial, eólica etc., também surgiu um novo fator a ser considerado que não se trata, de maneira restrita, dos agentes estruturais ou climáticos. Esse fator é o ser humano e as suas ações sobre as formas de relevo e os processos morfogenéticos. É fato que a humanidade se transformou durante o Holoceno, sobretudo no último século, em um importante agente geológico e/ou geomorfológico.

Essa nova área que emerge dentro da Geomorfologia, tratando o ser humano como agente geomorfológico ativo, é a Geomorfologia Antropogênica, que engloba os processos e formas de relevo produzidas direta ou indiretamente pela ação humana.

Devido às intensas ações transformadoras da humanidade sobre a superfície terrestre, principalmente desde a primeira Revolução Industrial e, de maneira mais geral, desde a Revolução Agrícola e a fixação do ser humano em um só lugar, ocorreram mudanças significativas não apenas nas formas de relevo superficiais, como também nas formações geológicas mais recentes. Assim, a ação antropogênica se dá nos âmbitos geológicos e geomorfológicos.

Por isso, há uma nova vertente de estudo na Geologia que visa modificar a escala do tempo geológico, considerando que a transformação da superfície terrestre via ações humanas já pode ser comparada aos grandes eventos geológicos que ocorreram na Terra que justificaram a passagem dos éons, eras, períodos, épocas e idades presentes na tabela do tempo geológico. O novo período geológico seria denominado de Quinário, sobre o qual se relata a seguir.

## 2.2 QUINÁRIO/TECNÓGENO/ANTROPOCENO

A ação humana sobre a natureza e toda a superfície da Terra, por intermédio da atividade produtiva, tem causado efeitos geológicos e geomorfológicos que se acumulam em quantidade

e se diversificam em qualidade, a ponto de ter sido proposta a designação de um novo período geológico para caracterizar este tempo, que teria surgido após a intensificação das atividades antrópicas (PELOGGIA, 1997).

Este novo período, portanto, retrata que as ações humanas podem ser consideradas como importante fator de transformação da superfície terrestre, tanto no aspecto geológico quanto geomorfológico. Estas transformações teriam, assim, origem antropogênica. Conforme informa Gerasimov (1979), o termo antropogênico foi proposto por Pavlov (1922), e pode ser empregado para qualificar eventos deste novo período que aparece na literatura sob diferentes denominações, como Quinário, Tecnógeno, Antropoceno, entre outras.

As denominações “Quinário” ou “Tecnógeno” foram introduzidas por Ter-Stepanian (1988), o qual apontava que o Quaternário não seria um período geológico que duraria tanto quanto os anteriores, mas que mudanças estavam prestes a acontecer na superfície terrestre e seriam tão grandes que poderiam ser comparadas ou até superar os eventos que ocorreram nas passagens de um período geológico para o outro. Estas mudanças foram motivadas, conforme o autor, pelo “desenvolvimento de um novo e desconhecido, até então, agente geológico, e este seria o ser humano”.

Segundo Oliveira e Queiroz Neto (1994), a denominação “Tecnógeno” seria mais apropriada para este período, pois inclui a noção de que os eventos resultantes da ação humana refletem uma ação técnica, e esta, segundo os autores, é um conjunto de processos por meio dos quais atua a produção econômica, a arte e qualquer outra atividade que envolva objetos materiais, surgindo com o ser humano e marcando sua evolução.

De fato, como citam Silva *et al.* (2014), a alteração das dinâmicas da natureza pela sociedade por meio da evolução da técnica vem sofrendo contínua aceleração, iniciada a partir da primeira grande Revolução Agrícola, momento em que o ser humano se sedentarizou, fixando-se na terra e cultivando-a para seu sustento. Iniciou-se, então, um processo de alteração das condições naturais, a começar pela conversão de florestas em pastagens e áreas de cultivo, no intuito de facilitar a instalação dos grupos humanos e possibilitar a extração dos recursos necessários à sua sobrevivência.

Muito antes dos autores acima, Ter-Stepanian (1988) não considerava que o início do Tecnógeno tivesse sido na Revolução Agrícola, e sim que o início do Holoceno teria marcado o começo deste novo período, há cerca de 12.000 anos antes do presente.

Há discussões recentes na comunidade científica acerca do início deste período. E, em muitas delas, na verdade, não é considerado como período do tempo geológico e sim como uma nova época. Na literatura, é comum encontrar o termo “Quinário” como novo período do tempo

geológico relacionado à ação humana sobre a superfície da Terra (pós-Quaternário), e o termo “Antropoceno” aparece mais comumente como uma nova época do tempo geológico, em que são consideradas as mudanças que a humanidade causa tanto no âmbito geológico como também nos âmbitos climático e ambiental.

Em relação ao Antropoceno, Oliveira (2014) relata que a proposta deste termo foi lançada com data relativamente recente, por Stoermer e Crutzen, em 2000, considerando seu início na Revolução Industrial, na Europa, em torno do ano de 1800, e que as transformações antrópicas atingiram a escala planetária. Porém, há opiniões divergentes.

Segundo Bellesa (2018), apontando discussão trazida pela pesquisadora Sonia Maria Barros de Oliveira, a espécie humana interfere na natureza desde seu surgimento há cerca de 200 mil anos, entretanto, até o fim da última era glacial, há 12 mil anos, quando se iniciou o Holoceno, a população do planeta era muito pequena, mas, a partir daí, passou a se estabilizar e, com a Revolução Agrícola, as interferências na natureza teriam ficado mais evidentes.

Porém, para além desses dois grandes marcos históricos em relação ao aumento do nível de modificação geológica que as atividades antropogênicas trouxeram ao planeta, há uma terceira possibilidade de data de início do Antropoceno. A Comissão Internacional de Estratigrafia vem trabalhando nessa perspectiva, colecionando argumentos que convergem para a datação do início do Antropoceno em meados do século XX.

Bellesa (2018) cita alguns dos prováveis a serem considerados para que o início da nova época do tempo geológico seja estimado por volta do ano de 1950, são eles: expoente aumento populacional e mudança da participação dos gases de efeito estufa na atmosfera; tecnofósseis presentes nos estratos rochosos, como, por exemplo, plástico e concreto; grande extinção de espécies; mudança no regime de sedimentação na foz dos rios em decorrência da presença de muitas barragens e conseqüente impacto na formação de rochas sedimentares etc.

Em relação às características do Antropoceno, a principal delas é o crescimento da atuação humana sobre as bases geológicas da Terra, formas de relevo e condições climáticas. Artaxo (2014) afirma que a influência humana se mostra presente em algumas áreas em parceria com as influências geológicas. A humanidade emerge, a partir desta nova época, como uma força significativa globalmente, capaz de interferir em processos críticos do planeta, como a composição da atmosfera e outras propriedades.

Apesar de toda a discussão científica acerca de o Antropoceno ser uma nova época do tempo geológico, Zamora *et al.* (2016) tratam o Antropoceno como um conceito científico ainda em construção, e ressalta que há opiniões favoráveis e contrárias em relação a considerá-lo

como nova época do tempo geológico. Entretanto, não há antecedentes geológicos de uma única espécie conseguir alterar tanto a superfície da Terra como o ser humano tem feito atualmente.

Um dos indícios que comprovariam o início do Antropoceno, além dos já apontados, seria o aumento “dramático” da erosão e denudação dos continentes e da consequente produção de sedimentos, mediante, por exemplo, as práticas agrícolas e construções urbanas (ZALASIEWICZ *et al.*, 2008).

Cooper *et al.* (2018) tratam desta questão de erosão, denudação e produção de sedimentos para comprovar o Antropoceno. Os autores buscam comparar a produção de sedimentos desencadeada por ação antropogênica com aquela que é resultante de processos geológicos erosivos naturais, e demonstram que a ação erosiva antropogênica tem superado a de cunho natural.

Assim, a mudança na magnitude dos processos de erosão, de produção de sedimentos e formas terrestres antropogênicas ao longo do tempo, segundo Cooper *et al.* (2018), são fatores significativos na caracterização da nova época de tempo geológico proposta – o Antropoceno.

Desta forma, geologicamente e geomorfologicamente podem-se levantar diversas provas de que a humanidade tem atuado fortemente neste período geológico atual, sobretudo após a industrialização e urbanização. Mostram-se sinais litoestratigráficos distintos, principalmente se for considerado que as ações humanas podem produzir depósitos e gerar formas de relevo que registram e preservam em suas estruturas diversas atividades antropogênicas, como a mineração, o extrativismo, o descarte do lixo, a construção etc.

Essas formas de relevo que se originam das atividades humanas, assim como os processos morfogenéticos alterados ou produzidos por ações antropogênicas, juntamente com os depósitos desta mesma origem, são estudados por um ramo específico da Geomorfologia, que é a Geomorfologia Antropogênica, da qual se relata a seguir.

### 2.3 GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA

Para a realização do estudo das formas de relevo e processos morfogenéticos com influência direta ou indireta da ação humana, utiliza-se a Geomorfologia Antropogênica. Como referenciado anteriormente, as formas de relevo eram, até pouco tempo, consideradas resultantes apenas da interação dos processos geológicos e atmosféricos, porém, atualmente tem-se reconhecido o grande papel do ser humano como agente geológico e geomorfológico.

Ainda sem considerar o ramo da Geomorfologia Antropogênica, Christofolletti (1980) avaliava o ser humano e a sua atuação sobre o relevo como um “sistema antecedente” ao sistema

geomorfológico, ou seja, parte de um conjunto de elementos controladores que, de maneira direta ou indireta, podem formar e transformar o relevo. Os sistemas antecedentes analisados pelo autor, para dar origem ao sistema geomorfológico, seriam: o climático, o biogeográfico, o geológico e o antrópico, este último representado pela ação humana, que modifica o equilíbrio do sistema geomorfológico, consciente ou inadvertidamente, produzindo modificações sensíveis nos processos e formas.

Essa análise de Christofolletti (1980) leva o ser humano à posição de um agente que pode modificar o equilíbrio do sistema geomorfológico, mas não faria parte ou não seria um integrante direto dele, ou seja, suas ações seriam consideradas como algo externo a esse sistema.

Para inserir o ser humano como agente geomorfológico e, assim, desenvolver a Geomorfologia Antropogênica no Brasil, demandou tempo, durante o qual, conforme apontam Paschoal *et al.* (2015), os estudos sobre a ação humana no equilíbrio e funcionamento dos sistemas geomorfológicos tiveram espaço coadjuvante nas pesquisas em Geomorfologia. Os autores trazem importantes contribuições a respeito da evolução temporal das pesquisas em Geomorfologia Antropogênica no mundo e no Brasil. E, mesmo quando se iniciaram os trabalhos dedicados à temática da ação do ser humano no sistema geomorfológico e demais sistemas naturais, estes se voltaram mais à linha ambientalista (MARCH, 1984 *apud* PASCHOAL *et al.*, 2015).

O trabalho mais significativo que trouxe a ação humana sobre as formas de relevo de maneira mais sistematizada e consolidada foi o de Nir (1983), que introduziu o termo Geomorfologia Antropogênica ou Antropogemorfologia e a sua definição, evidenciando as alterações que a ação antropogênica pode causar em vários ambientes possíveis.

A partir de então, os estudos atrelados à Geomorfologia Antropogênica evoluíram tanto no campo teórico como no campo metodológico. Técnicas de análise permitiram a avaliação de alterações espaciais na organização dos sistemas geomorfológicos, bem como a compreensão das mudanças na escala temporal de ocorrência das taxas de erosão e a sedimentação (PASCHOAL *et al.*, 2015).

No Brasil, pode-se citar vários autores que trabalham dentro desta linha de pesquisa atualmente e contribuem para a evolução da temática, como: Peloggia (1997, 1998, 2005, 2015, 2017, 2018), Rodrigues (2005), Miyazaki (2014), Oliveira (2014), Silva *et al.* (2014), Luz e Rodrigues (2015), Paschoal *et al.* (2015), Barbosa e Furrier (2017), Barbosa *et al.* (2019), entre outros.

Porém, grandes avanços ainda têm sido realizados ainda mais por autores estrangeiros, que vêm aprimorando este ramo da Geomorfologia tanto conceitualmente, como Brown *et al.*

(2017), Pica *et al.* (2017), Cooper *et al.* (2018) e Lundershausen (2018), quanto em relação ao desenvolvimento de novas classificações e técnicas para mapeamento das formas antropogênicas e estudos analíticos gerais acerca deste tema, como Ford *et al.* (2010), Ford *et al.* (2014), Del Monte *et al.* (2016), Cappadonia *et al.* (2020).

Dada a importância e a evolução que ocorreu em relação aos estudos na Geomorfologia Antropogênica, fez-se necessário definir qual seria o objeto de estudo deste campo de conhecimento. Conforme Szabó (2010), a Geomorfologia Antropogênica estuda as formas de relevo criadas artificialmente, além das ações humanas que causam alterações nos processos geomórficos naturais ou que podem inibi-los, gerando formas que não existiriam caso os processos naturais não tivessem sofrido interferência.

As ações antropogênicas sobre os ambientes naturais e humanos podem gerar, além de novas formas de relevo, várias mudanças em cascata no sistema que está sendo modificado. Desta maneira, as diversas atividades produzidas pelo ser humano podem afetar de diferentes formas os processos geomorfológicos. Haigh (1978) tenta sistematizar as ações antropogênicas e dividi-las em dois grupos principais: os processos antropogênicos diretos e os indiretos.

Os diretos estão relacionados às atividades de construção, escavação e mudança de cursos de rios, enquanto os indiretos dizem respeito à aceleração de erosão, subsidência de terrenos por atividades humanas, rupturas de taludes e até o desencadeamento de terremotos por causas antrópicas. Essas classificações das formas de relevo antropogênicas baseadas em ações antropogênicas diretas e indiretas são consideradas as mais simples, e são utilizadas também por Brown (1971), Goudie (1994), Vita-Finzi (1993), Goudie e Viles (2010).

As formas resultantes de processos antropogênicos diretos são mais facilmente reconhecidas no terreno, elas tendem a demonstrar com obviedade a sua origem e são produzidas frequentemente deliberadamente, tendo-se como exemplos as formas produzidas por atividades de construção civil, escavação, interferências hidrológicas etc. Os processos antropogênicos indiretos são mais difíceis de ter sua origem reconhecida, pois, geralmente, não se trata de novos processos geomorfológicos sendo criados, e sim da aceleração ou alteração de processos geomorfológicos naturais (GOUDIE, 1993).

A importância da ação humana como um agente geomorfológico é indicada pelo fato de que pelo menos um terço da superfície da Terra continental (149 milhões de km<sup>2</sup>) pode ser considerado como local de atividades geomorfológicas antropogênicas diretas ou indiretas, seja por meio da urbanização ou até mesmo de práticas agrícolas (RÓZSA, 2010). Nir (1983) diz que a extensão do impacto das atividades humanas sobre a superfície da Terra é aparente,

principalmente se for considerado o acentuado aumento da erosão e do aporte de sedimentos causados pelas atividades humanas.

Dentre as principais atividades antrópicas que podem causar alterações no relevo, estão: a urbanização, a agricultura, a mineração, as atividades industriais, entre outras, das quais alguns autores retratam a maneira como elas afetam o relevo e os processos morfológicos.

Csima (2010) relata que as consequências geomorfológicas mais características do desenvolvimento urbano são: a drenagem modificada e a impermeabilização da superfície, que mudam ou alteram os processos geomórficos naturais, bem como a infiltração e o escoamento da água; a criação de novas superfícies, como terraços, encostas, instalações de drenagem e lagoas artificiais; a destruição da maioria das pequenas formas de relevo por obras de construção, entre outras.

A área urbana, de fato, é uma das regiões que mais sofrem ação antropogênica e, conseqüentemente, é vítima dos principais acidentes geomorfológicos, devido à forma como se dá o uso e ocupação do solo da cidade, que ocupa superfícies com as mais diversas características geológicas e geomorfológicas. Como Lacerda (2005) aponta, alguns aspectos da Geomorfologia Antropogênica em áreas urbanas são: afundamentos em áreas de carste; erosão acelerada; assoreamento; inundações; cortes, aterros e movimentos de massa induzidos; e mineração em área urbana.

Em relação à agricultura, Lóki (2010) ressalta que esta atividade pode ser considerada a mais antiga modificadora de relevo, pois, desde que o ser humano consegue se fixar em lugar só e deixa de ter o estilo de vida nômade, devido às práticas agrícolas dominadas, ele passa também a ter mais possibilidades de modificação do terreno.

Hoje as modificações do relevo por meio das atividades agrícolas tendem a ser em maior escala. As superfícies inclinadas, que normalmente são ruins para o plantio, geralmente passam por algum processo de redução de declive (LÓKI, 2010), como a prática da construção de terraços artificiais (terraceamento) e também a técnica de plantação em curvas de nível. Em agricultura de grande escala com cultivo mecanizado, também é comum o esforço pelo nivelamento da superfície.

Ainda a respeito da agricultura, Csorba (2010) relata que, entre todas as feições geomorfológicas antropogênicas, justamente os terraços em declives, construídos para o aproveitamento agrícola em terras de altas declividades, têm o maior impacto modificador de relevo, afetando igualmente o solo e condições climáticas, hidrológicas e biogeográficas, tendo em vista que alteram processos importantes, como infiltração, escoamento, níveis de erosão e transporte de sedimentos.

Dávid (2010) discute a mineração do ponto de vista da Geomorfologia Antropogênica, ressaltando que essa atividade tem intensa relação com a Geologia e a Geomorfologia. De fato, isto é perfeitamente explicável, pois, ao desenvolver essa atividade, destroem-se e/ou constroem-se formas de relevo, por meio da escavação de determinado tipo de rocha e busca de minérios, que são rochas e/ou minerais com algum valor comercial. Conforme o autor, as matérias-primas mais comumente exploradas na mineração incluem materiais utilizados para a construção civil, como o calcário, nas indústrias de cimento e cal, rochas e minerais de construção e ornamentais, areia e cascalho, bem como argilas para cerâmica.

Segundo Dávid e Patrick (1998), as formas de relevo resultantes da mineração podem ser classificadas em três grupos: formas negativas, resultantes da escavação; formas positivas, resultantes da acumulação do material retirado; e formas destruídas por atividades mineradoras, que levam ao nivelamento da superfície.

Como as atividades relatadas podem demonstrar, as alterações das formas de relevo por meio de ação humana podem gerar formas denudacionais, mediante o processo de erosão, e também formas agradacionais, formando depósitos de origem antropogênica. Oliveira e Peloggia (2014) ressaltam que as superfícies de origem quaternária vêm sendo transformadas extensivamente em novos tipos de terrenos artificiais, consistindo nos terrenos tecnogênicos, os quais configuram novas paisagens que reúnem novas unidades geológicas antropogênicas e novas formas de relevo, que são os relevos tecnogênicos.

Peloggia (1996, 1997, 1998, 1999, 2003, 2005) vem desenvolvendo, em seus trabalhos, a teoria do relevo tecnogênico, partindo da constatação de que a ação morfogenética humana – a criação do relevo tecnogênico – pode se dar de forma tanto direta quanto indireta, e que o ser humano é um fator geológico-geomorfológico tanto de erosão como de deposição, sendo que sua ação, amplamente disseminada pelo planeta mas não característica de climas particulares, pode aumentar ou diminuir a intensidade das manifestações naturais, como ravinamentos ou inundações.

É importante ressaltar que, quando se fala de ação humana sobre a superfície terrestre, não se trata apenas de modificações nas formas de relevo, mas também de modificações nas formações geológicas, pelo menos as mais superficiais, tendo em vista que muitas das vezes a ação humana também pode formar depósitos tecnogênicos ou outro tipo de alteração geológica. Por isso é apropriado classificar não apenas os relevos tecnogênicos, mas, também, de forma geral, classificar os terrenos tecnogênicos.

Os terrenos tecnogênicos são correspondentes às formações geológicas tecnogênicas e as formas de relevo geradas a partir dessas formações. Como destaca Peloggia (2017), a

classificação de classes de terrenos artificiais que o Serviço Geológico Britânico propõe define que os terrenos tecnogênicos podem ser classificados como:

- a) Terreno Produzido (*made ground*) – áreas em que houve acumulação de material por ação humana sobre a superfície do terreno natural.
- b) Terreno Escavado (*worked ground*) – áreas onde a superfície preexistente foi escavada por ação humana.
- c) Terreno Preenchido (*infilled ground*) – áreas onde a superfície existente foi escavada e posteriormente aterrada parcial ou totalmente por ação humana.
- d) Terreno Movimentado (*disturbed ground*) – áreas de movimentação e subsidência de material relacionada a atividade minerária.
- e) Terreno Complexo (*landscaped ground*) – áreas onde a superfície preexistente foi extensivamente remodelada, sendo impraticável mapear as classes anteriores separadamente.

Além dos terrenos tecnogênicos, que correspondem à geologia e Geomorfologia Antropogênica de determinado local, existem outras camadas que podem sofrer alterações pela ação geológica e geomorfológica do ser humano na superfície terrestre, como, por exemplo, o solo e os depósitos tecnogênicos. A variedade de materiais de origem humana que formam o estrato geológico humano foi denominada por Peggia *et al.* (2014b) de geodiversidade tecnogênica.

Há também uma proposta de classificação da geodiversidade dos terrenos tecnogênicos de Peggia *et al.* (2014b), pois constantemente a literatura tem tratado como sinônimos os terrenos tecnogênicos, depósitos, solos e camadas. A classificação apontada por Peggia *et al.* (2014b) parte da unificação de conceitos de terrenos artificiais utilizados pelo Serviço Geológico Britânico e dos conceitos de depósitos tecnogênicos desenvolvidos aqui no Brasil.

Nesse sentido, estes autores propõem uma distinção conceitual clara para o uso dos termos terreno, camada, depósito e solo, da seguinte forma:

- a) Terrenos tecnogênicos – são formados por materiais geológicos acumulados ou por exposições de substrato natural antes não aflorante, em virtude de ações de deposição ou remoção, diretas ou induzidas.
- b) Camadas tecnogênicas – são depósitos ou horizontes de solo tecnogênicos. O termo é particularmente útil na descrição de terrenos onde haja superposições dos mesmos.
- c) Depósitos Tecnogênicos – são formações superficiais criadas por processos de acumulação diretamente realizados ou induzidos pela agência humana.

- d) Horizontes de Solo Tecnogênicos – são porções de *solum* modificadas *in situ* por ações humanas.

Em relação aos depósitos tecnogênicos, estão relacionados aos terrenos tecnogênicos produzidos e/ou preenchidos, e também às formas de relevo agradativas, que são formas deposicionais. Peloggia *et al.* (2018) trazem uma classificação faciológica, baseada na composição dos depósitos tecnogênicos, que podem ser:

- a) Úrbicos – materiais terrosos com fragmentos, entulhos, e detritos urbanos em geral.
- b) Gárbicos – material detrítico com quantidade significativa de lixo orgânico.
- c) Espólicos – materiais provenientes da escavação do manto de intemperismo, eventualmente com material rochoso subordinado.
- d) Sedimentar – material sedimentar com clastos tecnogênicos de qualquer granulação, e eventualmente tecnofósseis.
- e) Lítico – material rochoso de granulação diversa, eventualmente com material terroso subordinado.

Essa classificação dada pelos autores engloba diversos tipos de depósitos, de acordo com seu material de origem. Porém, algumas vezes os caminhos da pesquisa podem levar à criação de novas nomenclaturas e classificações, dependendo do tipo de material encontrado na composição de tais depósitos.

Diante de tais classificações para os diferentes tipos de terrenos, camadas e depósitos que a ação antropogênica pode alterar ou, até mesmo, gerar, também deve ser enfatizada a classificação, ainda que mais simples, das formas de relevo antropogênicas, que são o cerne desta pesquisa. Conforme Peloggia (2017), a associação dos terrenos tecnogênicos a determinadas formas de relevo levou à classificação das formas de relevo tecnogênicas. Ou seja, sobre terrenos tecnogênicos específicos se formam tipos de relevo específicos. Esta classificação é descrita em Peloggia *et al.* (2018) como:

- a) Formas Agradativas – superfícies geomórficas produzidas por processos de elevação topográfica devido à acumulação de material, notadamente aterramento, ou pela intensificação da deposição de sedimentos. Os tipos mais comuns destas formas são as formas deposicionais sedimentares e os aterros em geral. As formas agradativas estão ligadas aos terrenos produzidos (*made ground*).
- b) Formas Degradativas – superfícies geomórficas produzidas ou modificadas pela remoção de material geológico, diretamente, por ação mecânica humana, ou indiretamente, pela intensificação da erosão, ou mesmo pela erosão natural agindo sobre depósitos tecnogênicos antigos. Os tipos mais comuns destas formas são

superfícies naturais que sofreram processos de erosão acelerada induzidos e superfícies diretamente escavadas. As formas degradativas estão ligadas aos terrenos escavados (*worked ground*).

- c) Formas Movimentadas – superfícies e sistemas geomórficos alterados topograficamente por movimentação *in situ* de material geológico devido a processos tecnogênicos superficiais ou subterrâneos. Os tipos mais comuns destas formas são superfícies naturais que sofreram processos de subsidência ou colapso e padrões fluviais modificados relacionados aos terrenos movimentados (*disturbed ground*).

Assim, as formas de relevo tecnogênicas, sendo elas agradativas, degradativas ou movimentadas, tendem a se apresentar associadas aos terrenos tecnogênicos. Os terrenos tecnogênicos e suas formas relacionadas podem ser originados de diversos processos diferentes e estar associados, como dito anteriormente, às atividades econômicas, industriais, turísticas, agrícolas e urbanas.

## 2.4 GEOMORFOLOGIA URBANA

A urbanização e a construção da infraestrutura correlacionada causam forte impacto sobre as formas de relevo e, às vezes, podem destruí-las completamente. Por isso, as áreas urbanas são particularmente interessantes do ponto de vista geomorfológico, por três razões, como descrevem Reynard, Pica e Coratza (2017):

- a) As formas de relevo em que algumas cidades estão situadas podem ser parte da sua característica principal, ou condicionar algumas de suas funções como cidade e, principalmente, suas atividades e usos do solo. Assim, determinadas formas de relevo podem fazer com que a cidade tenha uma função predominantemente turística, por exemplo.
- b) A expansão da malha urbana se interpõe, repetidas vezes, com processos geomorfológicos (por exemplo, deslizamentos de terra) e formas de relevo terrestres (por exemplo, formas fluviais ou costeiras) e requer procedimentos específicos para que essa interação aconteça da melhor forma possível (MOHAPATRA *et al.*, 2014). Daí a importância dos estudos de diagnóstico geomorfológico para a realização de planejamentos urbanos e ambientais de determinada cidade.
- c) As cidades são comumente destinos turísticos e há potencial para a popularização geoturística de seu patrimônio geomorfológico (REYNARD *et al.* 2015).

Assim, o relevo característico das zonas urbanizadas está intimamente relacionado com a forma como a cidade se desenvolve e como a malha urbana se espraia, e pode ser estudado pela área da Geomorfologia denominada de Geomorfologia Urbana, que também pode ser considerada como subárea da Geomorfologia Antropogênica que se dedica especialmente às áreas urbanizadas e aos processos geomorfológicos que nelas ocorrem.

O escopo da Geomorfologia Urbana é estudar como a urbanização altera os processos geomorfológicos que acontecem dentro do espaço urbano, considerando o ser humano como fator geomorfológico ativo na esculturação do modelado terrestre, atuando conjuntamente com os fenômenos intempéricos e as forças endógenas, não só alterando relevo, mas também criando novas formas.

O estudo da Geomorfologia Urbana é crucial para que sejam feitas análises das restrições geomórficas do desenvolvimento urbano ou da expansão urbana, como afirma Cooke (1984). Porém, assim como ocorre nos estudos da Geomorfologia Antropogênica, no geral, o sub-ramo Geomorfologia Urbana ainda conta com precário arcabouço teórico.

Rodrigues (2005) enfatiza que são poucas as obras que tratam da urbanização como um fator de modificação expressiva das bases geomorfológicas de uma área, ou seja, do sítio urbano. Guerra e Marçal (2006) também reafirmam a carência de arcabouço teórico-conceitual e aplicado da Geomorfologia Urbana.

O marco conceitual da Geomorfologia Urbana consiste na obra de Coates (1976), denominada *Urban Geomorphology*, que considerava o ser humano como um intruso no sistema geográfico, que entra apenas para modificá-lo. Em 1980, na China, surgiu outra obra denominada de *Urban Geomorphology*, de autoria de Chengtai Diao, que considerou o ser humano como agente geomorfológico, um ser capaz de criar e recriar o ambiente em que vive (JORGE, 2011). Contudo, mesmo antes de se definir a subárea da Geomorfologia Urbana, o geógrafo Aziz Ab'Sáber escreveu o livro *Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo*, em 1957, avaliado como o estudo mais completo em termos de conteúdo geomorfológico em áreas urbanas da época.

Uma das questões que podem ser levantadas em relação aos estudos de Geomorfologia Urbana é a necessidade de se estabelecer maiores interconexões entre os temas relacionados aos sistemas geomorfológicos e antrópicos estudados mediante abordagens holísticas. Como ressaltam Reynard, Pica e Coratza (2017), existe a necessidade de unir a Geografia Física e as abordagens das Ciências Humanas e Sociais para que seja possível ampliar as possibilidades de estudo da relação homem-meio.

A Geomorfologia Urbana parte da preocupação com as diversas mudanças que o ser humano tem provocado na superfície geomorfológica, já que grande parte dos problemas enfrentados na sociedade refere-se àqueles que estão visíveis na cidade. Essas mudanças estariam relacionadas a um ambiente construído e modificado em diversas escalas (JORGE, 2011). Vê-se, portanto, que há sempre a necessidade do entendimento geral tanto dos processos físicos quanto dos sociais, para o estudo da Geomorfologia Urbana.

Por vezes, e erroneamente, a Geomorfologia Urbana é considerada sinônimo da Geomorfologia Antropogênica, sendo esta última uma área bem mais ampla que abrange a primeira. A Geomorfologia Urbana se distingue, então, por ter uma escala de abordagem mais específica.

Santos Filho (2010) ressalta mais um papel importante e fundamental que o conhecimento da Geomorfologia Urbana tem quando é utilizado para fins de planejamento da construção e manutenção da cidade, destacando que as áreas urbanas estão cada vez mais deterioradas e comprometidas pela improvisação e falta de parâmetros técnicos para a sua ocupação, bem como pela falta de conhecimentos de suas características geológicas e geomorfológicas.

Essa ideia é reafirmada por Girão e Corrêa (2004), os quais ressaltam que, em virtude da crescente densidade demográfica em áreas urbanizadas, principalmente nas periferias das cidades, há necessidade do planejamento para a implementação de formas de ocupação viáveis, do ponto de vista ambiental, sobre novos espaços no perímetro urbano. Para tanto, a topografia do sítio urbano constitui-se em um dos principais fatores na orientação do processo de ocupação, sendo fundamentais os conhecimentos da Geomorfologia Urbana para o ordenamento do uso do solo urbano.

Assim, os mapeamentos das formas de relevo de regiões urbanas são também fundamentais para contribuir para o planejamento mais eficaz e correto, assim como para dar base a documentos importantes de gestão da cidade, como o Plano Diretor ou qualquer plano que direcione a expansão urbana e estabelecimento de serviços urbanos. Esses planos são importantes para evitar os mais diversos acidentes geomorfológicos provenientes de ações frequentes da natureza e interferência social.

Conforme Reynard, Pica e Coratza (2017), processos geomorfológicos podem levar a perigos naturais. Devido à concentração de pessoas nas áreas urbanas, os danos e perdas são muito maiores do que nas áreas rurais, o que aumenta a vulnerabilidade naquelas áreas. Assim, a gestão geomorfológica e geológica das áreas urbanas é, de certa forma, inadiável e necessária.

O maior problema ambiental da urbanização, conforme destaca Lacerda (2005), é a impermeabilização dos terrenos de bacias hidrográficas e o fenômeno denominado de *runoff* ou enxurrada, pelo fato de ocorrer modificação na infiltração da água e no seu escoamento superficial e subsuperficial, podendo causar enchentes e erodir vertentes e solos de maneira mais acelerada.

Outros problemas geomorfológicos relacionados à urbanização podem ser apontados, como: o desmatamento de margens de rios e consequente assoreamento deles; a ocupação urbana sobre vertentes e outros locais de elevada declividade, que podem gerar intensos e corriqueiros movimentos de massa induzidos; a ocupação urbana avançada em zonas litorâneas, que podem alterar fortemente a dinâmica costeira e causar processos de agração de sedimentos praias ou a erosão costeira acelerada, entre outros.

Segundo Girão e Corrêa (2004), o problema da ocupação urbana em áreas de risco, como planícies de inundação e terraços, se dá, principalmente, por fatores socioeconômicos. Essas ocupações das unidades morfotopográficas de mais fácil acesso são rapidamente destinadas ao estabelecimento de residências ou comércios, atrelando a elas eventuais riscos ambientais, quase sempre para os menos providos de recursos financeiros, que encontram nesses locais uma das poucas, senão a única, alternativas de acesso à moradia no espaço urbano.

O planejamento do uso do solo urbano representa peça relevante em políticas de ocupação de novas áreas no perímetro das cidades, sendo a avaliação quanto às áreas de risco de enchentes, processos erosivos e movimentos de massa uma contribuição significativa ao planejamento urbano (GIRÃO; CORRÊA, 2004).

Douglas (1998) demarcou quais seriam as principais atribuições do geomorfólogo que se dispõe a estudar as áreas urbanas: (a) conhecer a topografia onde a cidade é construída; (b) entender os processos geomorfológicos atuais modificados pela urbanização; e (c) prever as futuras mudanças geomorfológicas que poderão ocorrer.

Logo, o estudo da Geomorfologia Urbana de uma dada cidade envolve o conhecimento dos processos morfogenéticos ocorridos no passado e o entendimento de como estes se comportam no presente para a designação de previsões que tais processos e formas poderão adquirir no futuro.

Para melhor entendimento e análise das formas de relevo modificadas pela ação antropogênica em áreas urbanas, pode-se utilizar como ferramenta o mapeamento dessas formas, que envolve processos de coleta de dados em campo, identificação das formas antropogênicas e análises dos processos geradores delas, fazendo uso da cartografia geomorfológica.

O mapeamento geomorfológico em contextos urbanos não é fácil, sendo necessária a adaptação de metodologias criadas para mapeamento geomorfológico comum usados em contextos naturais (REYNARD; PICA; CORATZA, 2017). Desta forma, além dos símbolos utilizados convencionalmente em mapas geomorfológicos, novos símbolos precisam ser criados pelo pesquisador, dependendo do foco de seu trabalho, para representar formas e processos antropogênicos, como ressaltam Del Monte *et al.* (2016).

Acerca da cartografia geomorfológica comum e do mapeamento de formas antropogênicas e urbanas, serão discutidos a seguir, levando-se em consideração a literatura já posta ao longo dos anos de estudo desta temática e as novas questões que surgem conforme as necessidades atuais.

## 2.5 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA E MAPEAMENTO DAS FORMAS ANTROPOGÊNICAS

A cartografia geomorfológica se constitui em importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como a própria dinâmica dos processos, considerando suas particularidades (CASSETI, 2005).

Mapear formas de relevo não é uma tarefa tão simples quanto mapear “objetos concretos” que podem ser encontrados na superfície terrestre e representados em diversos mapas temáticos, pois, ao se mapear relevo, mapeia-se o aspecto, a forma e o comportamento da parte mais superficial da Terra, que está em constante dinâmica

Concordando com Ross (1992), a questão de taxonomia e a representação cartográfica do relevo tem sempre revelado grande dificuldade de solução face a natureza do fenômeno a ser representado. As formas são tridimensionais, bem como de diferentes tamanhos, formatos, gênese e idades. Diante disso, têm-se muitas propostas de representação de relevo, e não há uma padronização real para esse tipo de mapeamento. Alguns mapas sempre valorizarão algum aspecto em detrimento de outro, dependendo do foco da pesquisa.

Mesmo em meio a tantas questões acerca da dificuldade de se mapear o relevo, o mapa geomorfológico é indispensável em algumas situações. Tricart (1965) apresenta esse mapa como sendo a base da pesquisa em Geomorfologia. Ele é, ao mesmo tempo, o instrumento que direciona a pesquisa e, quando concluído, se torna o produto da pesquisa.

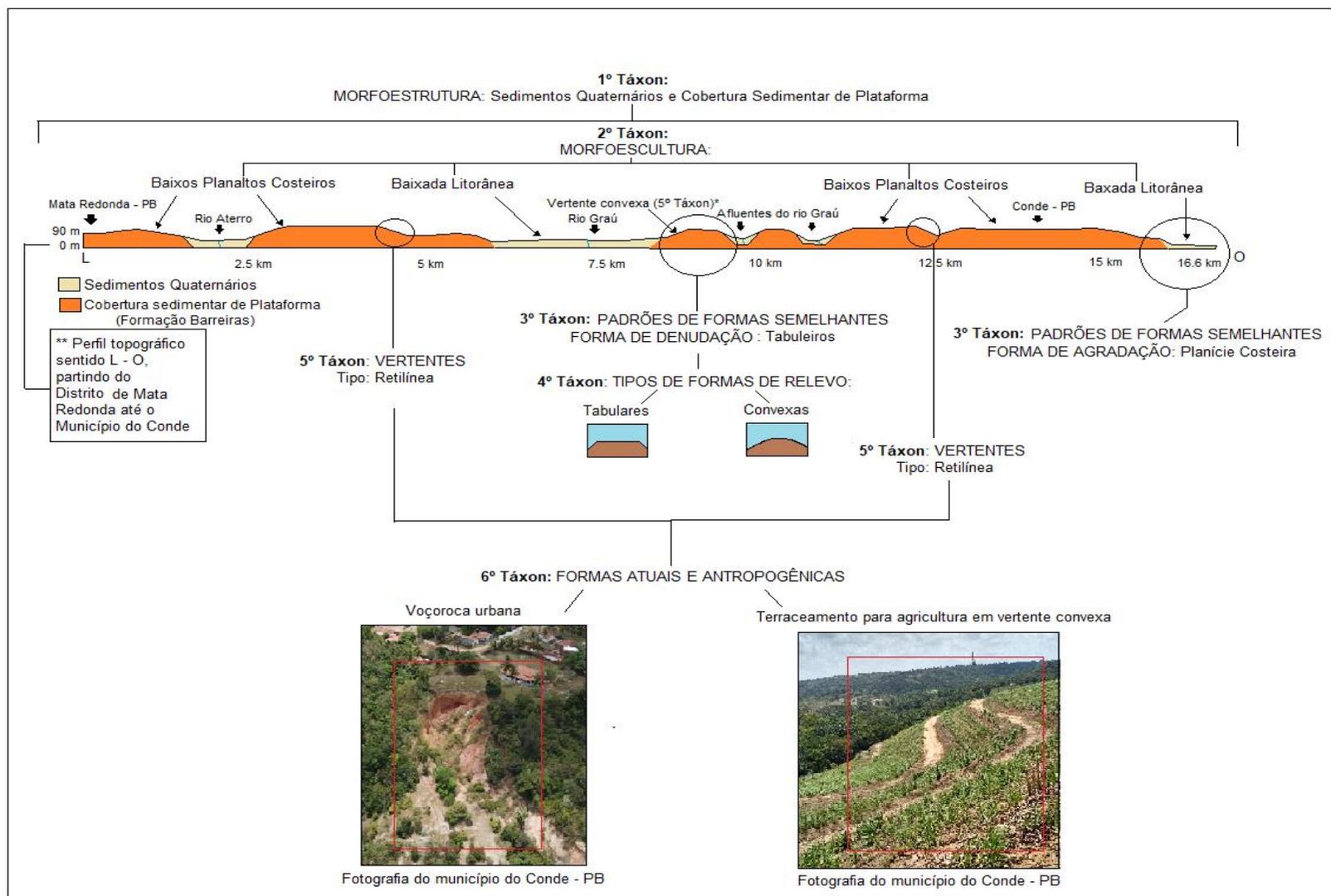
Segundo Ross (2012), elementos primordiais a serem considerados nesse tipo de mapeamento seriam a identificação e a classificação das formas, considerando a gênese, a idade

e os processos morfogenéticos atuantes. Em suma, deveriam constar dados morfométricos (informações métricas importantes), morfográficos (formas resultantes de processos evolutivos), morfogenéticos (processos responsáveis pela elaboração) e cronológicos (período de formação das feições) (TRICART, 1965). Conforme Caseti (2005), a questão da escala de tratamento ou de representação também se constituirá como premissa básica para o grau de detalhamento ou generalização das informações que o mapa vai conter.

Os estudos de Geomorfologia desenvolvidos com apoio da cartografia geomorfológica são fruto da contribuição teórica de Gerasimov e Mescherikov (1968), e fundamentalmente das ideias de Penck (ROSS, 2012). Estes autores trouxeram como principal contribuição para o mapeamento geomorfológico os conceitos de morfoestrutura (grandes macroestruturas) e morfoescultura (modelado ou tipologia de formas geradas sobre uma ou várias morfoestruturas), os quais foram adotados por vários pesquisadores posteriores dentro da cartografia geomorfológica, inclusive no Brasil.

Uma das metodologias para mapeamento geomorfológico no Brasil bastante difundida foi a de Ross (1992), que trouxe uma proposta taxionômica para a classificação e mapeamento das formas de relevo considerando seis diferentes táxons, descritos da seguinte forma (Figura 1):

- 1º táxon – é chamado de morfoestrutura, que, pelas suas características estruturais, define um determinado padrão de formas;
- 2º táxon – são as unidades morfoesculturais geradas por ação climática ao longo do tempo sobre a morfoestrutura;
- 3º táxon – unidades dos padrões de formas semelhantes de relevo: são conjuntos de formas menores de relevo que apresentam distinções entre si. Podem ser formas de agradação ou denudação;
- 4º táxon – formas de relevo individualizadas dentro de cada unidade de padrões de formas semelhantes. Se distinguem em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo;
- 5º táxon – vertentes e setores de vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo: podem ser côncavas, convexas e retilíneas;
- 6º táxon – formas menores produzidas pelos processos erosivos atuais ou por depósitos atuais: voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, bancos de sedimentação atual, assoreamentos e demais formas que são frutos dos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidos pelo ser humano.



**Figura 1** – Exemplo da proposta taxionômica para classificação e mapeamento das formas de relevo considerando os seis táxons de Ross (1992).

Fonte: Elaboração própria (2021).

Neste último táxon do mapeamento geomorfológico de Ross (1992), concentram-se as formas atuais e antropogênicas, portanto, seria o táxon mais evidenciado num mapeamento de formas de relevo tecnogênicas. Alguns autores que utilizam essa metodologia geralmente adaptam-na para que sirva aos propósitos de suas pesquisas, como as de Furrier (2007), Nóbrega *et al.* (2011), Barbosa, M. (2013), Souza *et al.* (2013), Barbosa, T. (2015), Lima *et al.* (2017), Silva (2020).

No caso do mapeamento de formas antropogênicas ou tecnogênicas, a metodologia proposta por Ross (1992) é limitada, tendo em vista que foca muito mais nas macroformas e grandes estruturas, dando pouca ênfase às formas atuais e antropogênicas. Para o mapeamento geomorfológico antropogênico, é necessário que se utilize uma metodologia de mapeamento em que a hierarquia ou taxonomia de relevo tenha foco no 6º táxon.

Uma das grandes problemáticas associadas ao mapeamento específico das formas antropogênicas é a relação entre a escala de mapeamento e as dimensões dos possíveis objetos apresentados (PELOGGIA *et al.*, 2014a). Também deve ser refletido, neste aspecto, o fator dimensão da área mapeada, pois, se há uma grande área a ser mapeada, será necessário certo nível de generalização dos objetos representados.

Uma das críticas feitas por Peloggia *et al.* (2014a) à metodologia do Ross (1992) é que a taxonomia apresentada por este último autor revela uma forte ligação genética entre as formas menores e as maiores e, no caso específico das formas tecnogênicas, as formas menores podem não ter qualquer tipo de relação genética com as maiores, em termos de geração de processos.

Entende-se, portanto, que cada forma atual e antropogênica correspondente ao 6º táxon pode ter origem independente das outras formas maiores, e pode ser analisada separadamente, como elemento único na paisagem, que teve sua forma de origem e sua própria evolução.

Para construção do mapeamento de geomorfologia com foco nas formas antropogênicas, achou-se por bem utilizar a metodologia do Ross (1992) para descrição geral do 1º ao 4º táxon, e para enfatizar o 6º táxon de mapeamento desenvolveu-se uma metodologia com base em trabalhos mais atuais, como Ford *et al.* (2010), Peloggia *et al.* (2014a), Del Monte *et al.* (2016) e Cappadonia *et al.* (2020).

Os trabalhos de Ford *et al.* (2010) e Peloggia *et al.* (2014a, 2014b, 2017) trazem uma preocupação com a classificação também dos terrenos tecnogênicos ou terrenos artificiais, pois as formas de relevo antropogênicas estão intrinsecamente ligadas a eles. Conforme aponta Peloggia (2017), para cada feição tecnogênica se definem tipos particulares de terrenos, que podem incluir: terrenos produzidos, com seus depósitos tecnogênicos induzidos ou remobilizados; terrenos de natureza erosiva ou escavados; terrenos preenchidos; terrenos

complexos etc. Além dos terrenos, identificam-se, também, camadas tecnogênicas de solos e alterações gerais mais superficiais.

**Quadro 1** – Classificação de terrenos tecnogênicos para mapeamento geológico e geomorfológico

Classe	Categoria geológica		Tipo		Camada ou feição tecnogênica
<b>Terreno tecnogênico de agradação</b>	Formações superficiais antropogênicas	Depósitos tecnogênicos	Terreno produzido	Terreno aterrado	Depósitos tecnogênicos construídos
				Terreno acumulado	Camadas tecnogênicas culturais acumuladas sucessivamente
			Terreno preenchido		Depósitos tecnogênicos construídos recobrimdo terrenos escavados
			Terreno tecnogênico sedimentar	Aluvial	Depósitos tecnogênicos induzidos de fundo de vale
				Coluvial	Depósitos tecnogênicos induzidos de vertente
			Terreno tecnogênico de escorregamento		Depósitos tecnogênicos induzidos criados por movimentos de massa
			Terreno tecnogênico remobilizado		Depósitos tecnogênicos formados por remobilização de depósitos tecnogênicos preexistentes
Terreno tecnogênico misto		Depósitos tecnogênicos construídos, induzidos ou remobilizados formando pacote indiferenciado			
<b>Terreno tecnogênico modificado</b>		Solos tecnogênicos	Terreno de composição alterada		Solos naturais com incorporação de contaminantes químicos ou material orgânico
			Terreno geomecanicamente alterado		Solos naturais compactados ou revolvidos
<b>Terreno tecnogênico de degradação</b>	Substrato exposto ou movimentado		Terreno erodido		Cicatrizes de erosão criadas por processos induzidos
			Terreno escorregado		Cicatrizes de escorregamento criadas por processo induzidos
			Terreno movimentado ou afundado		Depressões de subsidência criadas por processo induzido
			Terreno escavado		Superfícies de escavação
<b>Terreno tecnogênico complexo</b>	Paisagem tecnogênica		Terreno complexo		Terrenos formados pela agregação ou sobreposição complexa de depósitos ou solos tecnogênicos ou superfícies de exposição de substrato, não diferenciáveis na escala de mapeamento adotada

Fonte: Peloggia *et al.* (2018).

Peloggia *et al.* (2018) apresentam um quadro de classificação de terrenos tecnogênicos para ser utilizado em mapeamentos geológicos e geomorfológicos antropogênicos. Este quadro foi proposto por Peloggia *et al.* (2014b), com colaborações de Peloggia (2015) e Vitorino *et al.* (2016) (Quadro 1), e tem grande importância na classificação das formas antropogênicas mapeadas neste trabalho e na análise delas.

Em relação ao mapeamento exclusivo de áreas urbanas, um importante trabalho publicado recentemente por Del Monte *et al.* (2016) apresenta questões metodológicas que podem ser seguidas para outros trabalhos neste foco. Os autores elaboraram o mapeamento da geomorfologia do centro de Roma, baseado em análises de fotografias aéreas e mapas topográficos. Eles discutiram a importância de que esta análise seja feita de forma detalhada e multitemporal, para que se detectem as alterações correntes ao longo do tempo.

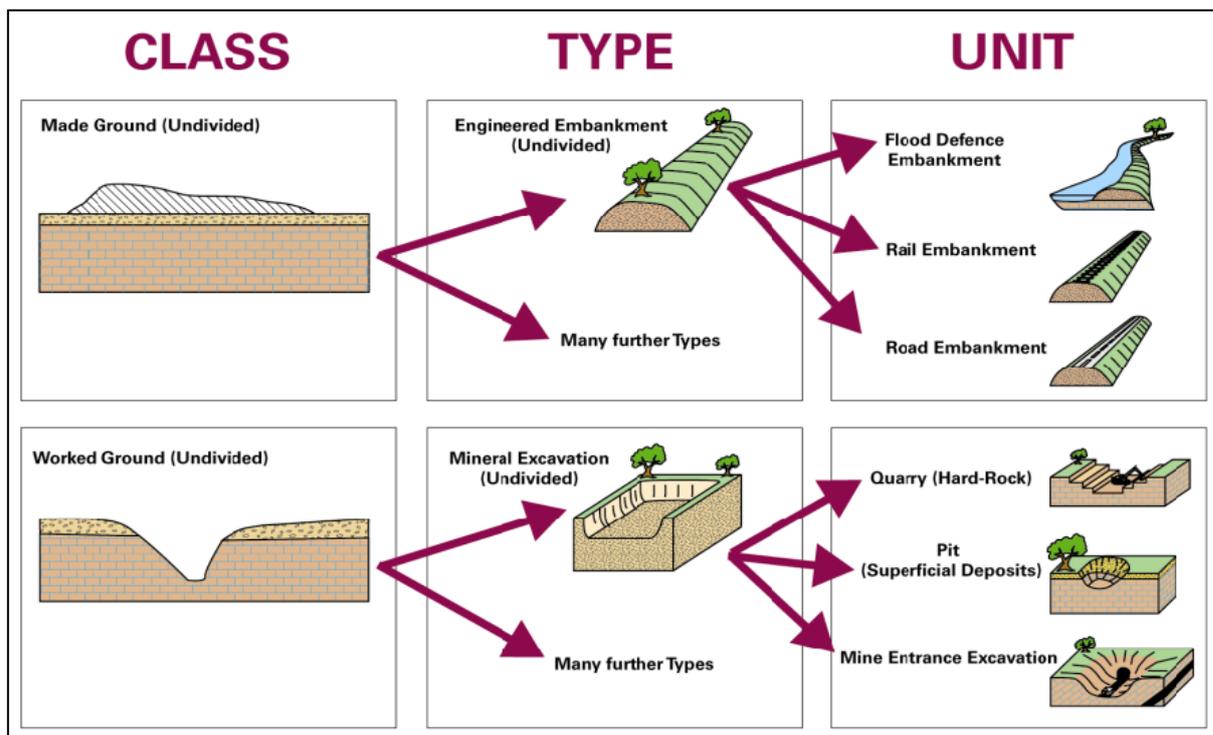
No mapeamento do centro de Roma, os autores classificaram os elementos morfológicos de acordo com o tipo de processo geomórfico que passam atualmente. De tal modo, as formas de relevo foram classificadas como “ativas”, “inativas” e “modificadas”, esta última foi adicionada quando houve necessidade de indicar uma forma natural que ainda pode ser reconhecida, apesar das modificações causadas pelas atividades humanas.

Cappadonia *et al.* (2020) também realizaram o mapeamento geomorfológico de uma pequena região urbana da Itália, trazendo como principal ideia conceitual a respeito desse mapa a tentativa de reconstruir a paisagem geomorfológica quaternária e mapeá-la, e sobrepor ao mapa a nova paisagem geomorfológica do atual Tecnógeno, que seria, segundo eles, o tempo em que se iniciou a intervenção humana sobre o relevo da área, traçando uma linha temporal das formas de relevo.

Nesse mapa de geomorfologia urbana e antropogênica, Cappadonia *et al.* (2020) detectaram como principais mudanças os preenchimentos de vales fluviais, desvio dos canais hidrográficos, escavação de túneis e pedreiras e o engordamento de praias com materiais resultantes da demolição de estruturas utilizadas na Segunda Guerra Mundial. As principais metodologias e ferramentas apresentadas pelos autores foram basicamente pesquisas bibliográficas e cartográficas, pesquisa de campo e utilização de sensoriamento remoto.

Ford *et al.* (2010) trouxe uma nova configuração de classificação das formas de relevo tecnogênicas estabelecidas em três hierarquias: Classe, Tipo e Unidade. Dentro destas hierarquias, eles distinguem os diversos tipos de terrenos artificiais, as formas agradacionais, degradacionais e/ou movimentadas e as formas de relevo pontuais, como mostra a Figura 2. Esse modelo de classificação hierárquica em Classe, Tipo e Unidade foi utilizado no mapa final de geomorfologia resultante desta pesquisa.

Na pesquisa de Ford *et al.* (2010), semelhantemente aos de Peloggia, tendo em vista que ambos os autores buscam referências dos trabalhos do Serviço Geológico Britânico, os Terrenos Artificiais são igualmente denominados de: (a) Terreno Produzido (*made ground*); (b) Terreno Escavado (*worked ground*); (c) Terreno Preenchido (*infilled ground*); (d) Terreno Movimentado (*disturbed ground*); e (e) Terreno Complexo (*landscaped ground*).



**Figura 2** – Exemplos da classificação hierárquica das formas de relevo.  
Fonte: Ford *et al.* (2010).

A hierarquia apresentada por Ford *et al.* (2010) tem uso típico e intuitivo, e é descrita abaixo:

- Unidade – mais alto nível de detalhe, por exemplo: um tipo específico de aterro, ideal para escalas de 1:10.000 ou maior.
- Tipo – nível moderado de detalhe, por exemplo: depósitos indiferenciados ou áreas escavadas, idealmente identificadas em escalas de 1:10.000 ou maior.
- Classe – corresponde ao nível de detalhe existente na classificação dos cinco terrenos descritos acima, e a escala de mapeamento ideal é de 1:50.000 acima.

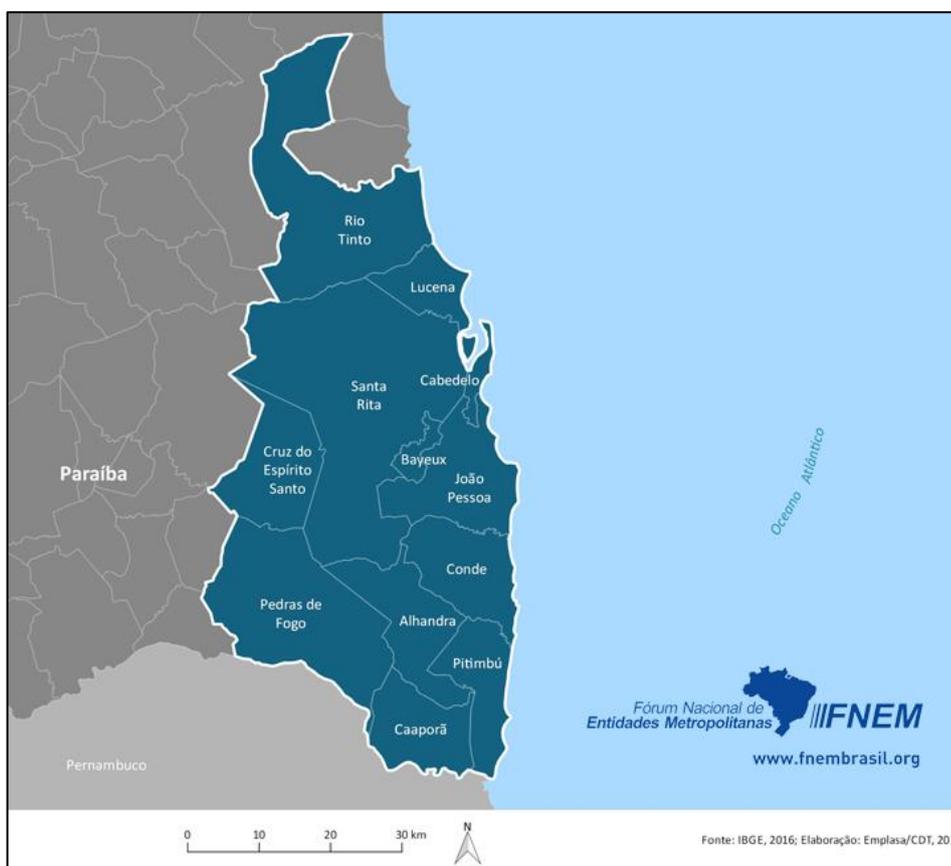
No caso do Terreno Complexo, a classificação não é subdividida além do nível Tipo. Quando não há informações suficientes para alcançar a subdivisão até o nível Unidade em qualquer dos Terrenos, a classificação pode parar na hierarquia Classe ou Tipo (FORD *et al.*, 2010).

Assim, para a construção do mapa de geomorfologia urbana e antropogênica, nesta pesquisa, foram utilizadas adaptações dessas várias metodologias apresentadas. Foi possível encontrar, no mapa resultante, parte da taxonomia elaborada e divulgada por Ross (1992) e Pelligia *et al.* (2018), métodos de análise que foram utilizados na elaboração do mapa de Geomorfologia Urbana de Roma, por Del Monte *et al.* (2016), e parte do caminho metodológico utilizado por Ford *et al.* (2010) e Cappadonia *et al.* (2020). Acerca de tais metodologias será mais bem discorrido no texto na seção “Procedimentos Técnicos Operacionais”.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO

A Região Metropolitana de João Pessoa, segundo o Fórum Nacional de Entidades Metropolitanas (FNEM), é composta por 12 municípios, quais sejam: Bayeux, Cabedelo, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Lucena, Rio Tinto, Santa Rita, Alhandra, Caaporã, Pedras de Fogo e Pitimbu (Figura 3). Essa região compreende a área em que o município de João Pessoa exerce maior influência, e que possui o maior fluxo de pessoas, bens, transporte etc., configurando uma rede urbana com maior nível de integração, em que a cidade lócus, ou de maior hierarquia, está no município de João Pessoa.



**Figura 3** – Mapa representando a Região Metropolitana de João Pessoa.  
Fonte: FNEM (2020).

Para realização desta pesquisa, optou-se por fazer um recorte dessa região metropolitana em seu eixo mais central, para estudar mais especificamente três municípios: Cabedelo, João Pessoa e Conde, devido às suas especificidades geológico-geomorfológicas e à sua representatividade em relação à realidade dos demais municípios.

Assim, de acordo com a nova regionalização do IBGE (2017), que divide o território brasileiro em Regiões Geográficas Imediatas (antigas microrregiões) e Regiões Geográficas Intermediárias (antigas mesorregiões), com base nos processos sociais, políticos e econômicos sucedidos e também na rede e hierarquia urbana, os municípios de João Pessoa, Cabedelo e Conde, que compõem a área de estudo, estão situados na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Geográfica Imediata denominada também de João Pessoa, na porção centro-sul do litoral do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil (Figura 4).



**Figura 4** – Regiões geográficas do estado da Paraíba.

Fonte: Modificado de IBGE (2017).

Em relação aos limites territoriais dos três municípios estudados que perfazem a área de estudo, eles fazem fronteira ao sul com o município de Pitimbu, ao oeste com os municípios de Alhandra, Santa Rita e Bayeux, ao norte com a foz do rio Paraíba e seu encontro com o oceano Atlântico, e ao leste também com o oceano Atlântico.

Contabilizando a extensão territorial dos três municípios, obtém-se uma área que totaliza cerca de 415 km<sup>2</sup>. Cerca de 31 km<sup>2</sup> compõem o município de Cabedelo, em João Pessoa há um total de 211 km<sup>2</sup> e no município do Conde 173 km<sup>2</sup> (Figura 5).



da área de estudo é considerado do tipo úmido, e, segundo a classificação climática de Köppen, está sob o domínio do clima Tropical Chuvoso com estação seca de verão (As'), como acontece em todo o litoral da Paraíba.

Quanto à pluviosidade, como relata Rodriguez (2012), a média anual fica em torno de 2000 a 2400 mm, com precipitações regulares no outono-inverno, sendo a maior concentração de chuvas no mês de junho. A regularidade das chuvas na Paraíba se dá em função de dois sistemas meteorológicos: a Frente Polar Atlântica e as correntes de leste. Nos três municípios estudados dominam os ventos alísios de sudeste, que têm atuação em todo o Nordeste brasileiro, soprando com mais intensidade na Paraíba, em agosto/setembro.

No litoral (setor leste) e em grande parte do sertão (setor oeste) da Paraíba, onde as altitudes são baixas, observam-se os maiores valores de temperatura média ao longo do ano. No estado como um todo, os meses com temperaturas mais baixas são junho, julho e agosto, enquanto os mais quentes são outubro, novembro e dezembro, sendo estes os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região (FRANCISCO, 2017).

Especificamente nos três municípios litorâneos estudados, as temperaturas apresentam amplitude térmica anual em torno de 5° C, sendo a temperatura média anual de 25° a 26° C, a média da máxima em torno dos 28° C e a média das mínimas em torno de 23° C. A média de umidade relativa do ar é de 80%. E a duração da estação seca em João Pessoa e Cabedelo é de cerca de três meses, já no Conde é de dois meses (RODRIGUEZ, 2012).

Em relação aos aspectos morfoclimáticos da área, pode-se analisar o conjunto dos elementos naturais – relevo, clima, vegetação – que interagem e formam as unidades de paisagem específicas de cada região do estado da Paraíba. No litoral, especificamente na área de estudo estabelecida, as características dessa interação entre relevo, clima e vegetação estabelecem alguns padrões de formas de relevo específicos.

No município de Cabedelo observam-se baixas cotas altimétricas, relevo plano referente aos cordões litorâneos, clima úmido e quente e vegetação costeira e de mangue. A dinâmica costeira e fluvial é muito presente e importante para a morfogênese atuante no local, e também nas atividades antropogênicas.

No município de João Pessoa, o clima úmido atuante sobre as rochas sedimentares da Formação Barreiras vem a ser um importante aspecto morfoclimático a ser considerado neste estudo, pois, principalmente em locais que formam vertentes, sobre os Baixos Planaltos Costeiros, há grande risco de movimentos de massa naturais e antropogênicos.

O município do Conde possui condições semelhantes às do município de João Pessoa, porém, com o agravante de possuir formas de relevo um pouco mais dissecadas, com vales mais bem entalhados, que, ao serem ocupados pelas atividades antropogênicas, representam um grande risco geológico e geomorfológico, devido aos aspectos climáticos que corresponde a um clima bastante úmido que atua sobre rochas brandas, que são as rochas sedimentares, e sobre formas de relevo instáveis, como é o caso da maioria da vertentes. Desta forma, entende-se que os aspectos climáticos que interagem com diversos outros elementos da natureza, como geologia e vegetação, podem alterar as formas de relevo terrestres, dando origem a novas formas ou modificando as já existentes.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICAS

#### 3.3.1 Geologia

A área de estudo assenta-se sobre a Bacia Sedimentar Marginal da Paraíba. A Bacia Paraíba está compreendida entre a Zona de Cisalhamento Pernambuco (ZCPE) e o Alto Estrutural de Mamanguape, que está relacionado a uma ramificação da Zona de Cisalhamento Patos (ZCPA), na porção oriental do Nordeste do Brasil (Figura 6).

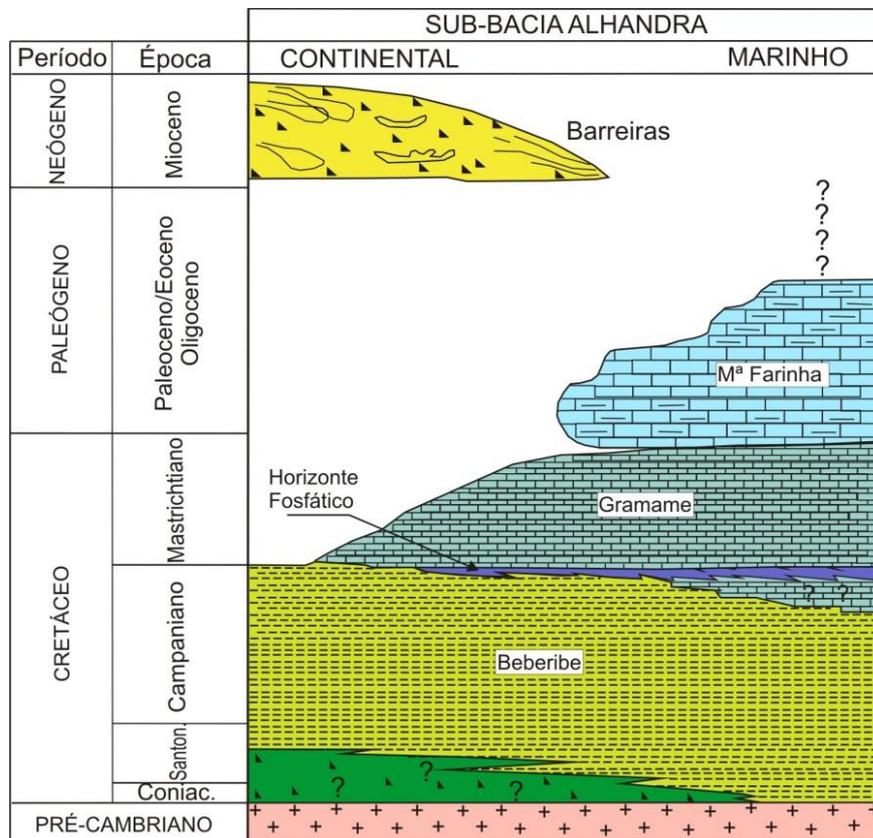


**Figura 6** – Localização da Bacia Sedimentar Marginal Paraíba.

Fonte: Modificada de Barbosa (2007 *apud* VERAS, 2017).

A Bacia Paraíba foi gerada durante os mesmos processos tectônicos que originaram a Bacia do Cabo, no Eocretáceo, sendo, segundo França e Szatmari (1987 *apud* BRASIL, 2002), a última porção do continente a se separar da África durante a abertura do oceano Atlântico. Mabeoone e Alheiros (1991 *apud* BRASIL, 2002) descrevem sua estrutura como um homoclinal com mergulho suave em direção ao mar. A largura média da faixa sedimentar é de aproximadamente 25 km, e sua espessura máxima pode atingir até 400 m (BRASIL, 2002).

Essa bacia sedimentar, no estado da Paraíba, é preenchida por sedimentos de fácies continentais e marinhas reunidas sob a denominação de Grupo Paraíba, que, por sua vez, é subdividido em três formações: Beberibe/Itamaracá, Gramame e Maria Farinha (BRASIL, 2002) (Figura 7).



**Figura 7** – Coluna estratigráfica esquemática da Bacia Paraíba no trecho da sub-bacia Alhandra. Fonte: Barbosa *et al.* (2004 *apud* FURRIER *et al.*, 2006).

A Formação Beberibe/Itamaracá (Kbi), conforme aponta Brasil (2002), engloba atualmente toda a sequência clástica basal do Grupo Paraíba. Trata-se, segundo Mabeoone e Alheiros (1991 *apud* BRASIL, 2002), de uma sequência essencialmente arenosa, com uma espessura média de 200 m, em geral sem fósseis, constituída de arenitos friáveis, cinzentos a cremes, mal selecionados, com componente argiloso.

Na área de estudo, a Formação Beberibe/Itamaracá aflora minimamente, sendo encontrada em pequena porção no município de João Pessoa, no vale do rio Mumbaba. Vale lembrar que a distinção entre as formações Beberibe e Barreiras em superfície é bastante complexa, pois, conforme Furrier (2007), os processos genéticos das duas formações são similares e os sedimentos apresentam grande semelhança granulométrica e textural, com grãos subangulosos a subarredondados e seleção variando de moderada a fraca.

A Formação Gramame (Kg) compreende um pacote sedimentar com até 55 m de espessura formado por calcários argilosos cinzentos de fácies marinha plena, com algumas intercalações finas de argila, geralmente bioturbadas, e camadas de margas e argilas mais puras (BRASIL, 2002). Na área de estudo, a Formação Gramame é bastante explorada pela atividade de mineração de calcário que ocorre no município de João Pessoa e também no Conde. O afloramento da Formação Gramame, de forma natural, ocorre na área de estudo em alguns vales fluviais, como no rio Gramame, e próximo ao rio Sanhauá, em João Pessoa, e no rio Graú, no Conde.

A Formação Maria Farinha representa a continuação da sequência calcária da Formação Gramame, sendo diferenciada da última não pelas características litológicas ou estratigráficas, mas apenas pelo seu conteúdo fossilífero, que é considerado de idade paleocênica-eocênica inferior (MABESOONE, 1994).

A Formação Maria Farinha foi depositada em ambiente marinho raso regressivo, sendo constituída principalmente por calcários dolomíticos muito fossilíferos. Apresenta espessura máxima de 35 m, provavelmente devido à erosão pela exposição subaérea anterior à deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras que a recobre discordantemente (LEAL; SÁ, 1998).

Na área de estudo, os calcários da Formação Marinha Farinha afloram na região costeira do município do Conde, entre as praias de Tambaba e Jacumã, influenciando fortemente a configuração atual da linha de costa. Em frente às praias de Carapibus, Jacumã e sul da Barra de Gramame, ocorrem sob a forma de bancos rochosos submersos, podendo servir de suporte para organismos coralinos (ALMEIDA, 1989 *apud* FURRIER, 2007).

Capeando o grupo Paraíba, porém não fazendo parte dele, está a Formação Barreiras, principal unidade geológica da área de estudo, que, segundo Furrier *et al.* (2006), é constituída por sedimentos arenoargilosos pouco consolidados, que repousam de forma discordante, respectivamente de oeste para leste, sobre o embasamento cristalino pré-cambriano e sobre os sedimentos da Bacia Sedimentar Marginal da Paraíba.

A designação de Formação Barreiras tem sido aplicada com acepção vaga para indicar sedimentos clásticos, pobres em conteúdo fossilífero, de cores vivas e variadas, mal consolidados, que ocorrem quase ininterruptamente, aflorando ao longo da costa. Corresponde a arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados, frequentemente lenticulares, formando falésias em grandes trechos, principalmente no litoral nordestino (FURRIER, 2007). Esta é a formação geológica mais predominante encontrada nos municípios de João Pessoa e Conde, sendo uma unidade litoestratigráfica de idade miocênica (ARAI, 2006), que se encontra localizada em faixa que vai do estado do Amapá até o norte do Rio de Janeiro.

Além das formações geológicas da Bacia Paraíba e da Formação Barreiras, outra unidade geológica que compõe a área de estudo são os Depósitos Quaternários inconsolidados, compostos principalmente por aluviões e sedimentos de praia. Esta unidade geológica está presente nos municípios de João Pessoa e Conde, e cobre toda a extensão do município de Cabedelo, sendo sua principal morfoestrutura.

Na Paraíba, as formações superficiais quaternárias podem ser divididas em: Cobertura Elúvio-Colúviais (Qc), Coberturas Lateríticas (QI) e os Aluviões e Sedimentos de Praia (BRASIL, 2002). Porém, na área de estudo, o que predomina são os Aluviões e Sedimentos de Praia.

### **3.3.2 Geomorfologia**

Os tipos de rochas e os diferentes processos que as modelaram ao longo do tempo geológico (processos climáticos, geológicos e antropogênicos) são responsáveis pelas diferentes formas de relevo que existem, desde as planícies até as serras, planaltos etc. Há pelo menos cinco unidades geomorfológicas na Paraíba, que são, de leste a oeste, as seguintes: Baixada Litorânea, Baixos Planaltos Costeiros (ou Tabuleiros Costeiros), Depressão Leste do Borborema (SILVA, 2020), Planalto da Borborema e Depressão Sertaneja.

Na área de estudo se destacam duas das unidades geomorfológicas descritas anteriormente, que são: a Baixada Litorânea (praias, restingas etc.) e os Baixos Planaltos Costeiros, este último em destaque na paisagem, contendo falésias e vales fluviais, cujas planícies são as mais amplas e férteis da Paraíba: as dos rios Paraíba e Mamanguape (RODRIGUEZ, 2012).

O termo “Baixada” é definido por Suguio (1998) como sendo uma planície extensa, frequentemente situada na Zona Costeira, pouco acima do nível das marés. Ou ainda pode-se ampliar o entendimento do termo como sendo uma área deprimida em relação aos terrenos

contínuos, como aponta Guerra e Guerra (1997), que complementa mostrando que geralmente assim se designa às zonas próximas ao mar, e algumas vezes se usa o termo como sinônimo de Zona de Planícies, que também podem estar nas proximidades de baías ou de rios.

O termo planície é definido por Guerra e Guerra (1997) como extensão de terreno mais ou menos plano onde os processos de agradação superam os de degradação. Nas áreas de planície, a topografia é caracterizada por apresentar superfícies pouco acidentadas, sem grandes desnivelamentos relativos. Tem natureza sedimentar e geralmente baixas altitudes. São delimitadas, na maioria das vezes, por aclives, que na área de estudo são as vertentes da Formação Barreiras.

Foram distinguidas nas áreas dos três municípios estudados planícies fluviais, marinhas e intermareais. As planícies fluviais são aquelas que possuem formas alongadas e são produzidas pelos depósitos deixados pelos próprios rios (GUERRA; GUERRA, 1997). Já as planícies intermareais são aquelas que se situam nas desembocaduras protegidas dos principais rios, na zona de influência de marés, sofrendo influência de variações do nível do mar ou da descarga de sedimentos dos sistemas fluviais, acarretando um avanço ou recuo do ambiente, em relação à linha de costa. As planícies intermareais (mangues) consistem em depósitos argilosos orgânicos, localizados em áreas alagadas (DANTAS; MEDINA, 2000).

As planícies marinhas ou costeiras são planícies de baixo gradiente que margeia corpos de água de grandes dimensões, como o mar ou oceano, representadas comumente por faixas de terra recentemente emersas, compostas de sedimentos marinhos e fluviomarinhas de idade quaternária (SUGUIO, 1998).

Os Baixos Planaltos Costeiros, unidade geomorfológica mais encontrada na área de estudo, exceto no município de Cabedelo, são superfícies tabulares que acompanham todo o litoral do Nordeste do Brasil, em extensão estimada de 8,42 milhões de hectares. Eles estão esculpidos em grande parte sobre os sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras, apresentando como características uma topografia plana a suavemente ondulada, material sedimentar mal consolidado e de baixa altitude, com declividade média inferior a 10% (EMBRAPA, 1994).

Essa unidade apresenta altitude média de 50 a 100 m. Compreende platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas (BRASIL, 2005).

Os Baixos Planaltos Costeiros, na Paraíba, limitam-se ao oeste com a unidade geomorfológica da Depressão Leste do Borborema e ao leste com a Planície Marinha. Os limites desse domínio com a planície marinha são assinalados por uma linha de falésias ativas

que são esculpidas na atualidade por processos marinhos ou por uma linha de falésias inativas, onde os processos marinhos de esculturação foram cessados. Essas linhas de falésias possuem alturas variadas e se encontram desde em contato direto com o mar, nas marés altas, a até 1.500 m recuadas da linha de costa atual (FURRIER, 2007).

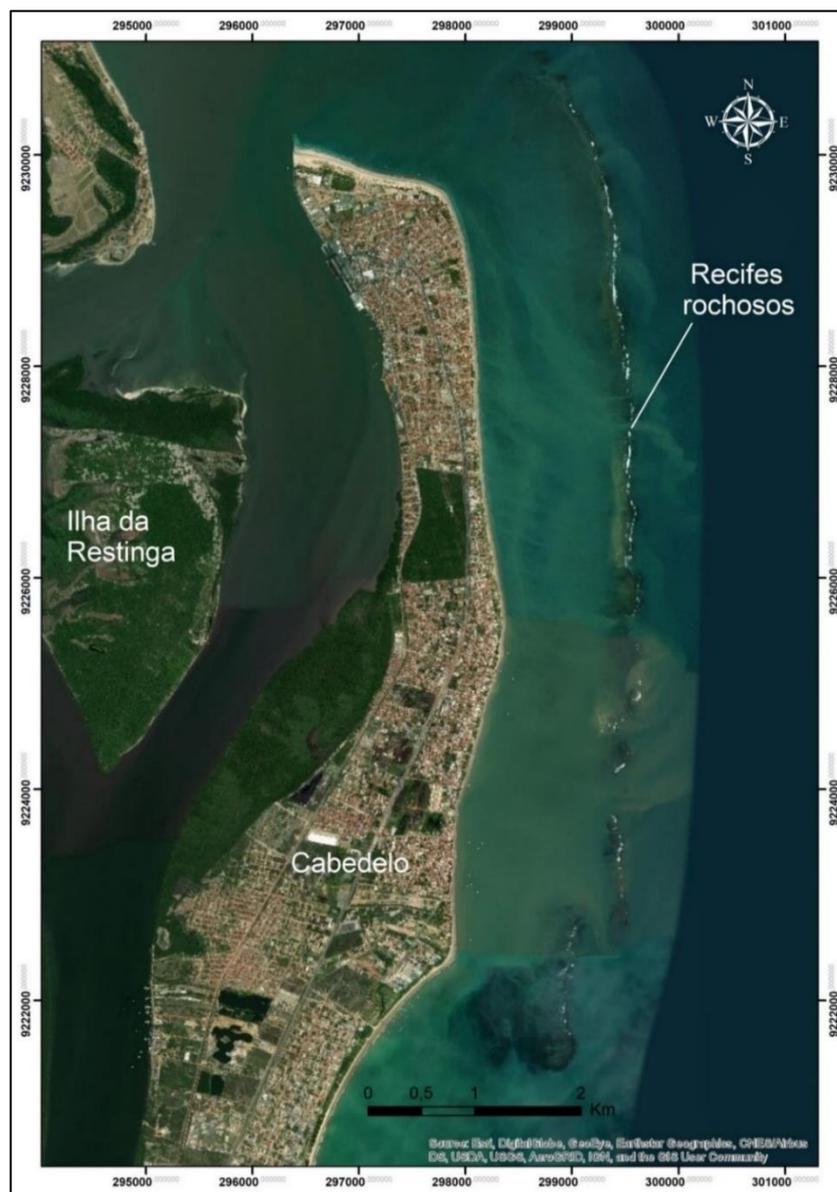
Quanto à geomorfologia específica do município de João Pessoa, as principais unidades da área são os Baixos Planaltos Costeiros, na maior parte de sua extensão, representando cerca de 67% da área do município de João Pessoa, e a Baixada Litorânea, que em João Pessoa é composta pelas planícies fluviais, marinhas e intermareais, terraços e rampas de colúvio, que compõem as regiões adjacentes aos rios, praias e suas retaguardas, e representa 21% da área do município.

O município do Conde está inserido na sua maior parte também sobre os Tabuleiros Costeiros, e estes são cortados por planícies fluviais, marinhas e interdiais. Em relação a João Pessoa, a geomorfologia se difere em relação ao grau de entalhamento dos cursos dos rios, que no Conde é maior. Na área do município do Conde, as vertentes são mais inclinadas e o relevo mais dissecado, alcançando menor grau de aplainamento que João Pessoa, formando, assim, um conjunto de formas de relevo que se alternam entre formas tabulares, semiconvexas e convexas.

Em Cabedelo, a geomorfologia consiste basicamente em três unidades principais: planícies interdiais ao oeste, planícies marinhas ao leste e terraços marinhos (cordões litorâneos) no setor central. Cabe destacar que tanto a planície marinha como a interdial são fortemente afetadas pelas marés, onde a variação diurna pode chegar a 2,8 m, classificando-a como uma mesomaré. Os cordões litorâneos de Cabedelo provavelmente se formaram a partir de eventos pretéritos provocados pela variação do nível do mar no Holoceno, onde o ápice marinho atingiu aproximadamente 5 m acima do atual há 5.100 AP, quando o mar recuou em estágios temporais deixando cordões litorâneos produzidos por eventos tempestivos.

Paralelamente aos cordões litorâneos de Cabedelo, em direção ao oceano, há ocorrência de recifes rochosos (*beach rocks*) (Figura 8). Segundo Suguio (1998), os recifes rochosos são formados por rochas inorgânicas, principalmente arenitos e conglomerados, estes, em geral, formados por fragmentos quartzosos e cimentados por calcita, além de frequentes conchas fragmentadas de moluscos. Os recifes rochosos representam um estágio de evolução litorânea onde, após sua formação na praia ativa, teria ocorrido o recuo da linha costeira. Restringem-se, em geral, às zonas intermarés de regiões tropicais e equatoriais, onde podem formar várias faixas paralelas, como acontece, por exemplo, no município de Cabedelo.

Sobre esses ambientes naturais extremamente dinâmicos, onde ocorre intensa atividade biogênica, como apontam Ab'Sáber (2005) e Muehe (2006) a respeito dos *beach rocks*, podem se instalar colônias de corais e algas calcárias, tornando-se, quando muito próximo de zonas urbanas, pontos turísticos naturais e locais muito mais passíveis de sofrer a interferência da atividade antropogênica. Os *beach rocks* presentes na área de estudo, principalmente no município de Cabedelo (Figura 8), também são de grande relevância para o equilíbrio dinâmico das praias e atenuação da ação das ondas sobre a costa, por ser uma barreira natural interceptando as ondas.



**Figura 8** – Recifes rochosos paralelos ao município de Cabedelo.  
Fonte: Elaboração própria (2020), dados do Digital Globe (2018).

Por este motivo, boa parte da área costeira do município de Cabedelo, nos pontos onde ocorrem os recifes rochosos, sofrem os efeitos da erosão costeira de forma mais branda, sendo, desta maneira, um dos principais fatores geradores da erosão costeira do município a própria ação antropogênica, principalmente no que se refere ao avanço dos elementos urbanos e pontos comerciais sobre a faixa de areia da praia, onde comumente o mar estaria retirando sedimentos para serem transportados nas correntes de deriva litorânea.

Os compartimentos geomorfológicos em detalhe e toda a taxionomia do relevo dos três municípios serão mais bem detalhados neste trabalho na seção de resultados e na explanação do mapa geomorfológico gerado.

### 3.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Segundo Curi (1993), solo é o material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da Terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres.

O termo solo, quando empregado em sistemas taxionômicos, se refere a todas as partes do perfil do solo, presentes acima do material de origem (camadas e horizontes genéticos) (IBGE, 2007). No Brasil, o material mais comumente utilizado para a classificação taxionômica dos solos é o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que promove a classificação dos solos brasileiros. Porém, ainda há poucas referências que sirvam de base para o estudo dos solos da área de estudo específica que este trabalho abarca.

Assim, vê-se que a bibliografia mais indicada para caracterização dos aspectos pedológicos da área dos três municípios estudados é o trabalho de Furrier (2007), que se baseia no Mapa Pedológico do Estado da Paraíba (2004) na escala 1:500.000 e no seu respectivo texto explicativo, além de fazer ajustes e atualizações por meio de trabalhos de campo para melhor adaptação à escala trabalhada.

Desta forma, puderam-se identificar na área de estudo seis diferentes tipos de solos, que são: Solos indiscriminados de mangue, Neossolos Quatzarênicos, Argissolo Vermelho-Amarelo, Espodossolo Hidromórfico, Neossolos Flúvicos e Gleissolos.

A distribuição dos solos, na área de estudo, está intimamente relacionada com o relevo local. Sobre os Tabuleiros Litorâneos da Formação Barreiras predominam os Argissolos Vermelho-Amarelos, muitas vezes associados aos Espodossolos; nas planícies fluviais desenvolvem-se Neossolos Flúvicos e Gleissolos; nas planícies fluviomarinhas são encontrados

os Solos Indiscriminados de Mangue; e nas planícies marinhas ocorrem os Neossolos Quatzarênicos (FURRIER, 2007).

Para a definição e entendimento das principais características de cada tipo de solo encontrado na área de estudo, tem-se como base o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2018), que traz uma abordagem completa e atual tratando da classificação dos solos e suas nomenclaturas.

Assim sendo, os tipos de solo encontrados na área de estudo são definidos como:

- a) **Solos indiscriminados de mangue** – compreendem solos halomórficos indiscriminados, alagados, que se distribuem nas partes mais baixas da Baixada Litorânea, principalmente nas proximidades de desembocaduras de rios, sob influência das marés e com vegetação característica denominada manguezal.
- b) **Neossolos Quatzarênicos** – são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Apresentam textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Na área de estudo, este tipo de solo está presente em toda a região costeira de Cabedelo, parte de João Pessoa e parte do Conde.
- c) **Argissolo Vermelho-Amarelo** – são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade alta ou baixa. Chama-se especificamente de Argissolo Vermelho-Amarelo os Argissolos de cores vermelho-amareladas e/ou amarelo-avermelhadas (EMBRAPA, 2018). Este tipo de solo se localiza, na área de estudo, na maior parte dos municípios de João Pessoa e Conde, sobre os Tabuleiros Costeiros.
- d) **Espodossolo Hidromórfico** – são solos que apresentam horizonte B espódico a uma profundidade menor ou igual a 200 cm a partir da sua superfície, permanecem saturados com água em um ou mais horizontes dentro de 100 cm a partir da superfície do solo durante algum tempo na maioria dos anos (EMBRAPA, 2018). Na área de estudo ocorre este tipo de solo sobre os cordões litorâneos de Cabedelo. Ocorrem, também, na retaguarda das praias de Jacumã e Carapibus, no Conde, e nos pontos mais elevados dos Tabuleiros Litorâneos, que na área se localizam ao oeste do município do Conde.
- e) **Neossolos Flúvicos** – são solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assentado sobre camada ou horizonte C e que apresentam caráter flúvico dentro de

150 cm a partir da superfície do solo. Admitem um horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura, com ausência de gleização expressiva dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2018).

- f) **Gleissolos** – são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo. Desenvolvem-se em sedimentos inconsolidados muito influenciados por encharcamento prolongado, devido ao lençol freático próximo à superfície. A saturação de água por tempo prolongado, na presença de matéria orgânica, reduz os níveis de oxigênio dissolvido e provoca a redução química e dissolução dos óxidos de ferro, que são parcialmente removidos, fazendo com que surjam cores cinzentas no horizonte subsuperficial (LEPSCH, 2002). Na área de estudo ocorre este tipo de solo no entroncamento dos rios Gramame e Mumbaba, limite entre os municípios de João Pessoa e Conde.

### 3.5 VEGETAÇÃO

Os três municípios selecionados para este estudo se encontram na região litorânea da Paraíba, os tipos vegetais encontrados nesta região são: Vegetação Litorânea, nas áreas de praia; Mata Úmida ou Mata Atlântica, nas áreas centrais e ao oeste da área de estudo; e Mangues, formados nas desembocaduras de alguns rios.

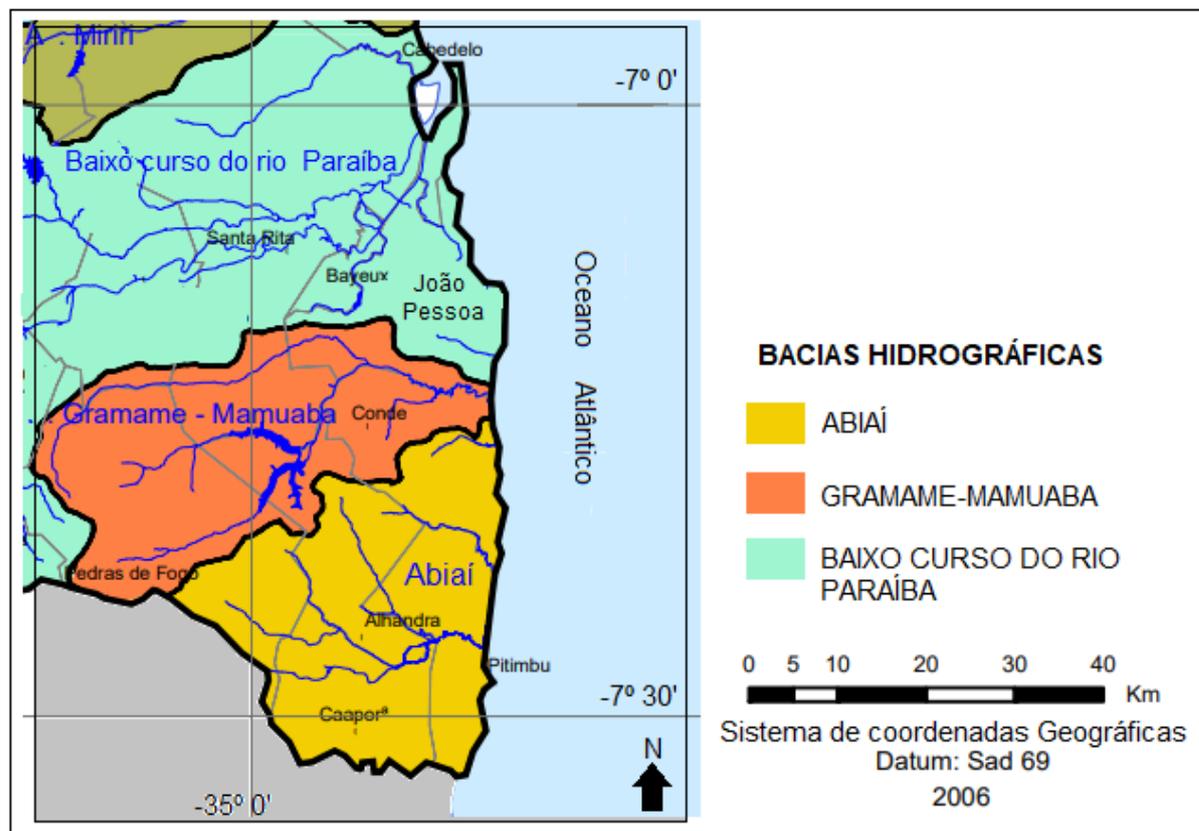
A cobertura vegetal das praias é constituída por plantas herbáceas com forte influência da salinidade. As espécies salsa-da-praia e pinheiro-de-praia são bem características dessa vegetação pioneira, além de variedades de gramíneas e ciperáceas. Nos solos mais afastados da influência direta do mar distribui-se a vegetação arbustiva e rasteira dos campos de restinga, classificada como Mata de Restinga, onde o cajueiro, a maçaranduba e o murici-da-praia são as espécies mais características (RODRIGUEZ, 2012). Segundo Furrier (2007), grande parte das áreas ocupadas outrora pela vegetação pioneira de restinga encontra-se substituída atualmente por coqueirais, ou devastada pela construção civil e especulação imobiliária.

Nas áreas de desembocadura dos rios, onde se formam as planícies interdiais, encontram-se os mangues. A floresta paludosa, com cobertura vegetal arbórea ou arbustiva, cujas espécies são adaptadas às condições edáficas típicas (solos lamacentos e salinos, com alto teor de matéria orgânica em decomposição e instáveis), representa a formação mais homogênea e uniforme da área de estudo. Os principais rios que formam mangues em suas desembocaduras, na área de estudo, são os rios Paraíba, Sanhauá, Cuiá, Gramame, Guruji e Graú.

A Mata Úmida ou Mata Atlântica é uma formação composta por árvores de grande porte (20 a 30 m de altura), latifoliada, com troncos com grande diâmetro e folhas perenes sempre verdes. Atualmente, ela está reduzida a alguns remanescentes alterados e descontínuos, quase que totalmente constituídos por vegetação secundária, encontrados em algumas das vertentes mais íngremes, em pequenos vales fluviais, abrigados nos anfiteatros conhecidos localmente por grotões e em unidades de conservação espalhadas na área de estudo, tais como: Mata do Buraquinho, localizada no interior do sítio urbano de João Pessoa; e Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, Mata do Amém e Mata do Estado, localizadas no município de Cabedelo.

### 3.6 HIDROGRAFIA

A área de estudo está situada no domínio de duas grandes bacias hidrográficas, a do rio Paraíba (baixo curso) e a dos rios Gramame – Mamuaba, e no domínio da bacia do Abiaí, em pequena extensão, na parte sul do município do Conde (Figura 9).



**Figura 9** – Mapa das bacias hidrográficas de trecho do estado da Paraíba.  
Fonte: Modificado de AESA (2006).

Os Tabuleiros Costeiros, que, como visto anteriormente, abrangem grande parte da área dos municípios de João Pessoa e Conde, é entalhado por diversos vales fluviais provenientes dessas bacias hidrográficas citadas. A perenidade é uma das características mais marcantes dos rios dessa região, devido às condições geológicas, geomorfológicas e climáticas que a área possui.

Os principais rios que cortam o município de João Pessoa, especificamente, são: Sanhauá, Marés, Mumbaba, Gramame, Cuiá, Jaguaribe e Timbó. No município de Cabedelo, não passam rios, a não ser o rio Paraíba, que margeia todo o setor oeste do município. Já no Conde, os principais rios que cortam o município são: Gramame (no seu limite com o município de João Pessoa), Boa Água, da Salsa, Guruji e Graú.

Alguns desses rios que se situam na área de estudo foram bastante modificados por meio de alterações antropogênicas, como é o caso do rio Jaguaribe, em João Pessoa, que teve seu curso alterado com o desvio de sua desembocadura por obras de engenharia. Também há alteração efetiva da margem do rio Paraíba no município de Cabedelo, principalmente pela construção de diques, e da área turística de Jacaré.

Concordando com Barbosa e Furrier (2009), destaca-se que no estudo da Geografia é muito importante considerar que a bacia hidrográfica é uma unidade hidrogeomorfológica na qual todos os elementos e processos são estreitamente interdependentes, de tal forma que qualquer mudança natural ou antropogênica que venha a ocorrer num determinado ponto da bacia produz automaticamente um ajustamento do sistema canais-vertente, tanto para montante quanto para jusante, do ponto em que a mudança ocorreu, transformando, assim, toda a bacia hidrográfica, que irá em busca de um novo equilíbrio dentro do Geossistema.

As modificações antropogênicas das bacias hidrográficas da área de estudo serão abordadas posteriormente na seção de resultados deste trabalho.

#### 4 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

As pesquisas em Geomorfologia, como em qualquer outro ramo das ciências que estudam a Terra, percorrem três principais etapas: trabalho de gabinete, trabalho de campo e trabalho de laboratório (ROSS *et al.*, 2005). O trabalho de gabinete, geralmente, é feito no início da pesquisa, com um levantamento bibliográfico que dará norte e embasamento teórico para o estudo, e muitas vezes é feito um levantamento dos materiais cartográficos que serão necessários para realização da pesquisa indicada. Como apontam Ross *et al.* (2005), esses documentos podem ser qualitativos e/ou quantitativos, e servem de base analítica e teórico-metodológica, bem como subsidia a parte operacional da pesquisa.

O trabalho de campo, importante passo ou ferramenta da pesquisa em Geografia, vem a ser o aferidor das primeiras informações colhidas em gabinete e nas leituras feitas das referências bibliográficas, também tem função de dar certo direcionamento ao estudo realizado, além de prover o pesquisador com outras informações acerca de sua área ou objeto de estudo, fundamental para a análise e prosseguimento da pesquisa.

Ross *et al.* (2005) completam expondo que a pesquisa de campo pode ser processada de dois modos: um básico inicial, que se caracteriza pelo trabalho de observação e descrição, incluindo coleta de amostras para análises em laboratório; e um segundo, marcado pelos ensaios e experimentos de campo.

O trabalho de laboratório é aquele em que as informações iniciais levantadas em gabinete se unem e se entrelaçam àquelas informações obtidas em campo e, então, geram novos dados resultantes de uma análise feita em laboratório, podendo comprovar ou refutar o que diz a literatura consultada inicialmente, além de complementá-la com novos dados apresentados. É possível, também, a produção de novos produtos cartográficos e de resultados inéditos acerca do objeto ou área estudada.

O desenvolvimento tecnológico atual tem transformado cada etapa da pesquisa em Geografia, e, por conseguinte, em Geomorfologia. A utilização de imagens de satélite, mapas topográficos mais precisos, aerofotogrametria, Sistema de Informações Geográficas (SIGs), dados geográficos informatizados, a construção de modelos digitais etc., têm facilitado e modernizado cada vez mais o modo de fazer pesquisa.

Por vezes, é possível realizar pesquisa de determinado fenômeno geográfico mesmo sem estar presente no local, principalmente por meio do sensoriamento remoto. É possível, mediante os SIGs, não só fazer mapeamentos digitais, mas também medições e vários tipos de análises morfométricas de uma área.

#### 4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Em relação ao levantamento bibliográfico, foram realizadas leituras, basicamente, sobre cinco principais eixos temáticos que puderam embasar teoricamente esta pesquisa de maneira satisfatória, que são:

- a) Geomorfologia e os agentes formadores de relevo – buscando, de forma geral, atender às demandas de conhecimento geomorfológico básico para que este trabalho, cujo objetivo principal é estudar Geomorfologia Antropogênica, fosse possível de ser realizado. Para isto, autores como Ab’Sáber (1958), Christofolletti (1980), Penteadó (1983), Cassetti (2005), entre outros, foram utilizados;
- b) O Quinário/Tecnógeno/Antropoceno – tema extremamente importante para o entendimento de que as formas de relevo antropogênicas resultam de processos que se situam em um tempo específico dentro da escala de tempo geológico, e a apresentação de vários indicadores que mostram o ser humano como agente ativo na esculturação do relevo terrestre, considerado como parte do sistema geomorfológico atual. Nesta temática, os principais autores utilizados foram: Peloggia (1997), Gerasimov (1979), Ter-Stepanian (1988), Oliveira e Queiroz Neto (1994), Cooper *et al.* (2018) etc.;
- c) Geomorfologia Antropogênica – tema principal deste estudo. Foi necessário o levantamento sobre como se instituiu esta parte da geomorfologia, historicamente, como tem sido sua evolução, quais os principais autores que trabalham esta temática no mundo e principalmente no Brasil, quais os principais avanços já realizados, como tem se dado as questões em relação à classificação das formas de relevo relacionadas às atividades antropogênicas, como classificar os novos processos morfogenéticos ligados à ação antropogênica, etc. O principal autor brasileiro abordado para tal tema foi o Alex Ubiratan Peloggia, que tem extensivamente e intensivamente estudado sobre ele, além deste autor outros autores estudados foram Brown (1971), Vita-Finzi (1993), Goudie (1994) e Goudie e Viles (2010);
- d) Geomorfologia Urbana – este tema foi, também, um dos mais importantes para este estudo, pois ele é parte da Geomorfologia Antropogênica, sendo os conhecimentos desta última aplicados às áreas urbanas, que no caso desta pesquisa, é de grande importância, pois a maior parte da área de estudo fica situada sobre zonas urbanas. Alguns trabalhos levantados sobre esta temática foram os de Cooke (1984), Rodrigues (2005), Girão e Corrêa, (2004), e Douglas (1998), etc.;

- e) Cartografia Geomorfológica e mapeamento das formas antropogênicas – como um dos resultados desta pesquisa é a produção do mapa geomorfológico urbano e antropogênico, esta temática foi extremamente necessária e passível de levantamento teórico, onde se buscou encontrar como autores de trabalhos recentes têm utilizado as técnicas de mapeamento para mapear especificamente as formas de relevo de áreas urbanas e antropogênicas. Alguns autores estudados para isto foram Peloggia *et al.* (2014a, 2014b, 2018), Peloggia (2018), Del monte *et al.* (2016), Cappadonia *et al.* (2020) e Ford *et al.* (2010).

Além das bibliografias levantadas para o embasamento a pesquisa, também foi feito um levantamento cartográfico para servir de apoio ao estudo geomorfológico da área. Então foram agrupadas sete cartas topográficas de escala 1:25.000 e equidistância das curvas de nível de 10 m, que abarcam toda a área dos municípios de Cabedelo, João Pessoa e Conde, que são as folhas (1) Santa Rita, (2) João Pessoa, (3) Nossa Senhora da Penha, (4) Mata da Aldeia, (5) Cabedelo, (6) Jacumã e (7) Conde (BRASIL, 1974), utilizadas como base cartográfica da pesquisa, por conterem informações espaciais e topográficas com grande nível de precisão.

Para utilizar estas cartas topográficas de maneira mais efetiva e prática, elas foram digitalizadas, etapa que, segundo Fitz (2008), compõe um processo em que um produto como um mapa ou imagem é introduzido no computador através de um *scanner*, que fotocopia digitalmente o material por um procedimento de rasterização e, quando esta etapa é concluída, a imagem estará em formato *raster*. Os dados das cartas digitalizadas em formato *raster* foram convertidos em vetores para melhor manuseio deles na plataforma SIG. Para transformar a imagem de formato *raster* para o formato vetorial foi feita a vetorização manual das cartas topográficas digitalizadas.

Com as cartas topográficas vetorizadas em ambiente SIG foi possível a geração de grades com valores topográficos do terreno em ambiente digital; do Modelo Digital do Terreno (MDT); confecção de mapas temáticos de localização, declividade (clinográfico), hipsometria; atualização dos mapas geológicos; elaboração do mapa geomorfológico; e elaboração do mapa de Geomorfologia Urbana e Antropogênica.

#### 4.2 PRODUÇÃO DE MAPAS DE HIPSOMETRIA, DECLIVIDADE E GEOLÓGICO

Optou-se por realizar a produção dos mapas temáticos de hipsometria e declividade apenas sobre as áreas referentes aos municípios de João Pessoa e Conde, pois as condições de altimetria e declividade do município de Cabedelo não são favoráveis à produção de tais

materiais cartográficos, por esta área não conter variações de altimetria e declividade relevantes. Os passos seguidos para a produção de cada mapa estão descritos a seguir.

#### **4.2.1 Mapas de hipsometria**

Para a produção do mapa de hipsometria, utilizaram-se as curvas de nível vetorizadas das cartas topográficas. Armazenaram-se as amostras em um banco de dados, e o primeiro passo dado foi a geração do *Triangular Irregular Network* (TIN) e modelo de elevação com as cotas das curvas de nível e pontos cotados.

Após geração do TIN, criaram-se as classes altimétricas, que foram, no município de João Pessoa, no intervalo de 10 em 10 m, e nas altitudes mais baixas do município do Conde iniciou de 10 em 10 m e passou posteriormente para o intervalo de 20 em 20 m. Para o município de João Pessoa, as classes altimétricas foram de 0 até 80 m, e para o Conde as classes foram de 0 até 140 m. As cores utilizadas para as classes de altimetria foram basicamente: os tons de verde, para as classes mais baixas; salmão, amarelo e laranja (claro e escuro), para as classes médias; e vermelho e marrom, para as classes altimétricas de cotas elevadas.

#### **4.2.2 Mapas de declividade**

O processo de elaboração do mapa de declividade, que também pode ser chamado de mapa clinográfico, consistiu em gerar, primeiramente, um TIN e um MDT a partir das curvas de nível e pontos cotados, e depois foi feito o fatiamento em classes de declividades por porcentagem.

Assim, as classes de declividade foram criadas, variando de 0 a  $> 75\%$  e atribuindo suas devidas cores. A definição das classes de declividades usadas neste trabalho se baseou na proposta de Embrapa (2006), e são elas:

- a) Relevo plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis  $\leq 3\%$ .
- b) Relevo suavemente ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis  $> 3\%$  a  $\leq 8\%$ .

- c) Relevo ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis  $> 8\%$  a  $\leq 20\%$ .
- d) Relevo fortemente ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100 m e de 100 a 200 m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis  $> 20\%$  a  $\leq 45\%$ .
- e) Relevo montanhoso: superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos a alinhamentos montanhosos, apresentado desnivelamento relativamente grande e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de  $> 45\%$  a  $\leq 75\%$ .
- f) Relevo escarpado: áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: frentes de *cuestas*, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

### 4.2.3 Mapas geológicos

Os mapas geológicos produzidos são derivados de mapas geológicos pré-existentes que foram publicados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) para a área de todo o estado da Paraíba em Brasil (2002). Portanto, os mapas geológicos dos três municípios foram adaptados para a escala de estudo deste trabalho. Em ambiente SIG, os mapas foram ajustados e editados conforme dados do mapa geológico da Paraíba, posição das curvas de nível das cartas topográficas vetorizadas, observação de imagens de satélite, mapa hipsométrico, MDT e observações em campo.

### 4.3 MAPA GEOMORFOLÓGICO COM FOCO NAS FORMAS ANTROPOGÊNICAS

Para elaboração do mapa geomorfológico, foram definidos primeiramente alguns dos táxons definidos por Ross (1992) (1º ao 4º táxon). Este mapa inicial foi elaborado primeiramente em gabinete, que auxiliou na visualização primária, em meio digital, dos compartimentos geomorfológicos presentes na área dos três municípios, que foram, depois, inferidos em campo. Os dados inferidos em campo que não foram visualizados anteriormente em gabinete foram adicionados ao mapa por meio da marcação em GPS.

Para definir os táxons de relevo de Ross (1992), foram adotados os seguintes passos:

- **1º passo** – determinação da morfoestrutura (1º táxon): é necessário ter em mãos as informações acerca da composição geológica da área em questão, como, por exemplo, o mapa geológico da área e trabalhos de campo complementares.
- **2º passo** – determinação da morfoescultura das grandes formas de relevo que predominam na área (2º táxon): neste passo podem ser utilizadas as cartas topográficas que foram vetorizadas, as imagens em 3D que demonstram a modelagem do terreno, além de imagens de satélite.
- **3º passo** – determinação dos padrões de forma do relevo (3º táxon): para determinação deste táxon, pode ser utilizada a imagem em MDT em ambiente SIG, além de imagens de satélite e trabalhos de campo, onde se podem visualizar os padrões de forma que o relevo apresenta, desde as formas de denudação como também as de agradação.
- **4º passo** – determinação dos tipos de forma de relevo (4º táxon): como cita Silva (2020), nesta etapa é analisado cada estágio de dissecação das formas que compõe o conjunto de formas do 3º táxon, sendo calculado o índice de dissecação do relevo, e, dependendo da intensidade de dissecação, podem existir padrões distintos de colinas dentro do 3º táxon, com diferentes dimensões e idades, e essa diferenciação é representada pelos valores obtidos no 4º táxon.

Para o cálculo desse índice, conforme relata Ross (1992), é preciso levar em consideração o entalhamento médio dos vales e a dimensão interfluvial média, como mostra o Quadro 2. No cálculo dos entalhamentos fluviais, é relevante considerar a estrutura geológica/geomorfológica regional e a hierarquização da rede de drenagem (SOUZA; FURRIER, 2019).

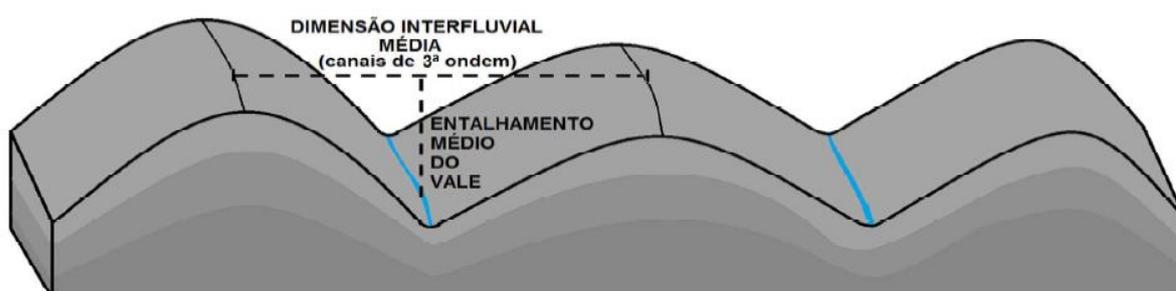
**Quadro 2** – Matriz do índice de dissecação do relevo

Dimensão interfluvial média (classes)	Muito Grande (1) (> 1500m)	Grande (2) (1500 a 700m)	Média (3) (700 a 300m)	Pequena (4) (300 a 100m)	Muito Pequena (5) (< 100m)
Entalhamento médio dos vales (classes)					
Muito fraco (1) (< 20m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (20 a 40m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (40 a 80m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (80 a 160m)	41	42	43	44	45
Muito forte (5) (> 160m)	51	52	53	54	55

Fonte: Adaptado de Ross (1992).

A matriz do índice de dissecação do relevo mostra valores em algarismos arábicos que representam áreas que contêm dimensão interfluvial desde muito grande (1) até muito pequena (5), e áreas de entalhamento médio de vales muito fraco (1) até muito forte (5). Quando estes valores se combinam (coluna vertical + coluna horizontal), pode-se definir que o nível de dissecação do relevo caracteriza o 4º táxon. Sendo assim, pode-se citar como um exemplo prático a seguinte situação: uma determinada área do mapa geomorfológico vai conter formas denudacionais convexas (Dc) com dissecação do relevo 42. Isto significa dizer que a área contém formas convexas em processo de erosão, dimensão interfluvial média grande e entalhamento médio dos vales forte.

O procedimento realizado para obtenção dos dados de entalhamento médio dos vales e a dimensão interfluvial média foram os mesmos orientados por Silva (2020). A dimensão interfluvial média consiste no valor obtido da distância média entre dois divisores de água, em uma reta traçada perpendicularmente sob a qual deve estar o talvegue do rio. A obtenção do entalhamento médio dos vales faz-se pela diferença altimétrica média dos divisores topográficos direito e esquerdo com o valor da elevação do fundo do vale do rio, utilizados para obter a dimensão interfluvial média (Figura 10 e Equação 1). Os valores de altimetria dos dois divisores de água são possíveis de saber quando essa reta é traçada sobre uma carta topográfica ou um mapa hipsométrico, por exemplo.



**Figura 10** – Modelo esquemático para averiguação do entalhamento médio e da dimensão interfluvial. Fonte: Souza e Furrier (2019).

$Dtd - Efv = x$	Em que:
$Dte - Efv = y$	$Dtd =$ Divisor Topográfico direito;
$x + y = Z$	$Dte =$ Divisor Topográfico esquerdo;
$Z/2 =$ entalhamento fluvial médio	$Efv =$ Elevação do fundo de vale.

**Equação 1** – Fórmula para cálculo de entalhamento médio do vale.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados descritos por Souza e Furrier (2019).

O 5º táxon consiste na análise de vertentes, onde a construção de perfis topográficos poderia ser utilizada, ou a análise do MDT. Porém, o 5º táxon não foi adicionado ao mapa de geomorfologia antropogênica, tendo em vista que a análise de vertentes tem maior utilidade em áreas de relevo mais dissecado, o que não é o caso da área de estudo. O 6º táxon, que são as formas de relevo atuais, são apontadas no mapa como o maior foco, pois se tratam das formas de relevo tecnogênicas.

Assim, para o mapeamento das formas referentes ao 6º táxon de Ross (1992) (formas atuais e antropogênicas), buscou-se, em bibliografias mais atualizadas, como Ford *et al.* (2010), Peloggia *et al.* (2014a, 2014b, 2018), Del Monte *et al.* (2016), Cappadonia (2020), técnicas para melhor representar o relevo tecnogênico.

Nir (1983) foi o primeiro pesquisador a sugerir orientações metodológicas para as pesquisas desenvolvidas no âmbito da Geomorfologia Antropogênica, segundo relata Paschoal *et al.* (2012). O autor destaca que a análise antropogênica deve ocorrer de forma integrada e contemplar aspectos como: a abordagem histórica, a intervenção humana sobre as formas do relevo, a análise da dinâmica socioeconômica e a investigação dos ambientes antropogênicos a partir de estimativas quantitativas de extensão, taxas ou grau dos processos geomorfológicos observados.

Buscou-se neste trabalho adotar tais orientações metodológicas. O mapeamento geomorfológico antropogênico foi realizado com dados coletados em gabinete e em campo. As estimativas e quantificações das áreas de relevo antropogênico e dos processos que ocorrem nelas também foram possíveis graças às investigações de campo e às ferramentas dos *softwares* utilizados, que permitem fazer medições após os dados serem inseridos em seus sistemas. Então, foi possível realizar medições de áreas de mineração, áreas de arenização, áreas de erosão costeira, entre outros aspectos quantitativos deste trabalho.

A metodologia do mapeamento de geomorfologia antropogênica consistiu no resultado da junção de diversas outras, das quais pode-se destacar Ford *et al.* (2010), pois, a partir deste trabalho, foi construída a hierarquização das formas mapeadas que foram agrupadas em Classe, Tipo e Unidade, sendo a Unidade o grupo correspondente ao maior nível de detalhes e a Classe ao menor nível de detalhes. Assim, como exemplo prático, pode-se citar: Classe: Terreno de Agradação; Tipo: Aterro; Unidade: Aterro para ferrovia.

Para a identificação, classificação e análise das formas que foram mapeadas, foram utilizadas algumas das nomenclaturas e classificações encontradas nos trabalhos de Oliveira e Peloggia (2014) e Peloggia (2017), onde eles trabalharam com os terrenos artificiais denominados de: Terreno Produzido (*made ground*), Terreno Escavado (*worked ground*),

Terreno Preenchido (*infilled ground*), Terreno Movimentado (*disturbed ground*) e Terreno Complexo (*landscaped ground*).

Também foram utilizados conceitos encontrados em Peloggia *et al.* (2014b), ao tratar de depósitos, terrenos, camadas e horizontes de solo tecnogênicos. Para descrever melhor cada tipo de depósito tecnogênico, utilizou-se também Peloggia *et al.* (2018), que definem e atualizam os conceitos dos depósitos úrbicos, gárbicos, espólicos, sedimentares e líticos. E, ainda em Peloggia *et al.* (2018), foram delimitadas formas de relevo antropogênicas intensamente ligadas aos terrenos tecnogênicos, que são as formas de agradação, degradação e movimentadas.

Algumas das nomenclaturas das formas mapeadas também foram inspiradas nos trabalhos de Del Monte *et al.* (2016), onde os autores construíram um mapa geomorfológico urbano de Roma, com classificações do relevo tipicamente urbano, e de Cappadonia *et al.* (2020), que fizeram o mapeamento da área urbana de Palermo, Itália. Tais classificações e nomenclaturas utilizadas no mapeamento da área de estudo podem ser visualizadas no Quadro 3.

**Quadro 3** – Classificações e nomenclaturas para mapeamento de Geomorfologia Antropogênica

CLASSE	TIPO	UNIDADE
Terrenos de Agradação (produzido, preenchido, sedimentar aluvial ou coluvial e remobilizado)	Depósitos tecnogênicos	Lítico; Sedimentar; Gárbico; Úrbico.
Terreno de Degradação (erodido, escorregado, movimentado ou escavado)	Topos de Colinas; Vertentes modificadas; Formas de relevo fluviais modificadas etc.	Cicatriz de erosão; Superfícies de escavação (minas); Voçorocas induzidas etc.
Terreno Modificado (quimicamente ou mecanicamente alterado)	Camadas de solo quimicamente alteradas	Antigo lixão
Terreno Misto (terreno sobreposto ou complexo)	Área urbanizada	

Fonte: Adaptado de Ford *et al.* (2010), Peloggia *et al.* (2014a); Del Monte *et al.* (2016) e Cappadonia *et al.* (2020).

Em resumo, o mapa de geomorfologia foi realizado basicamente mediante as seguintes etapas:

- a) Determinação dos quatro primeiros táxons determinados por Ross (1992).
- b) Observação de imagens de satélite para aquisição de formas de relevo tecnogênicas.
- c) Aquisição de mais dados em trabalhos de campo, com apoio de drone modelo Mavic Pro, realizados nos três municípios estudados, e a comparação de dados de gabinete e campo.
- d) Todas as formas tecnogênicas encontradas em campo têm suas localizações marcadas por meio de GPS, que em laboratório são lançadas em ambiente SIG.

- e) No SIG, coloca-se como pano de fundo do mapa geomorfológico e dos pontos marcados em campo uma imagem de satélite, por meio da qual pode-se identificar onde os pontos do campo foram marcados.
- f) São criados novos *shapes* no SIG correspondentes às formas de relevo tecnogênicas, que são de formatos: pontos, linhas e polígonos. Mediante a imagem de satélite, pode-se vetorizar, com o *shape* polígono, as áreas mais expressivas de formas de relevo ou processos morfogenéticos antropogênicos.
- g) Após a vetorização das áreas e escolha dos tipos de pontos e linhas utilizados, foram determinadas as cores de cada área dos polígonos, concluindo, assim, a parte da simbologia do mapa.
- h) Foram adicionados os elementos finais: hidrografia, escala, grade de coordenadas, norte, legendas, nomenclaturas diversas, limites municipais e níveis taxonômicos de Ross (1992) (do 1º ao 4º táxon).

O mapa foi confeccionado para folha em formato A1, com escala definida em 1:60.000.

#### 4.4 EROSÃO COSTEIRA ANTROPOGÊNICA

Os municípios de Cabedelo, João Pessoa e Conde apresentam grandes extensões de suas zonas costeiras com algum tipo de processo de erosão. Para os processos de erosão costeira provocados ou mesmo agravados pela ação humana, que modificam a dinâmica natural da zona costeira e as micros e/ou macroformas de relevo costeiras, aqui se denomina de erosão costeira antropogênica.

Foram realizados trabalhos de campo por toda a costa dos três municípios estudados, e foi possível estabelecer as áreas que sofrem erosão costeira antropogênica. Estas áreas serão classificadas nas seções seguintes, que apresentam os resultados da pesquisa segundo indicadores geoambientais de erosão costeira resultante de ações antropogênicas.

Os indicadores geoambientais para a erosão costeira são fatos ou elementos na paisagem que podem ser quantificados ou analisados qualitativamente, e permitem identificar que tal área passa pelo processo de erosão costeira. Os indicadores utilizados neste trabalho, conforme Souza e Suguio (2003), que atestam que em determinadas áreas das regiões costeiras dos três municípios estudados existe erosão costeira, seja ela resultante de ação natural ou antropogênica, são, entre outros:

- a) Pós-praia muito estreita ou inexistente, devido à inundação pelas preamares de sizígia.

- b) Retrogradação da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia emersa (detectada somente com estudos temporais lineares de observação e coleta de dados).
- c) Erosão de depósitos marinhos ou eólicos que bordejam a praia.
- d) Destruição de vegetação nativa, com presença de raízes expostas, troncos soterrados etc.
- e) Exposição de camadas de aterros artificiais na interface de encontro entre a praia e a zona urbanizada.
- f) Destruição de estruturas artificiais construídas sobre a zona de praia emersa.
- g) Retomada de erosão de antigas superfícies de abrasão marinha elevadas, de épocas em que o nível do mar se encontrava mais alto que o atual.
- h) Presença de concentração de minerais pesados em trechos da praia emersa.

Para designar que a erosão costeira é de cunho antropogênico, pode-se apontar, dentre os indicadores geoambientais apresentados, as seguintes características, entre outras:

- a) Diminuição da largura da praia, devido a construções humanas na zona pós-praia.
- b) Erosão de objetos artificiais da interface de encontro entre a praia e a zona urbanizada, como, por exemplo, calçadas, avenidas, estabelecimentos residenciais ou comerciais, entre outros.
- c) Destruição de vegetação nativa e/ou presença de vegetação introduzida.
- d) Exposição de camadas de aterros artificiais.
- e) Presença de material artificial ou rochoso, como barreira entre as construções humanas e a zona de influência das marés, ou da pós-praia.
- f) Presença de armadilhas de sedimentos para impedir o déficit deles em áreas de erosão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor organização dos dados obtidos nos resultados desta pesquisa, achou-se por bem expor e discutir os resultados dos três municípios separadamente, nos subtópicos a seguir.

### 5.1 MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA

#### 5.1.1 Evolução urbana e sua geomorfologia

João Pessoa, na época chamada de Filipéia de Nossa Senhora das Neves, foi fundada em 1585. Conforme aponta Maia (2000), o sítio original de João Pessoa surgiu na área compreendida entre as margens do rio Sanhuá e uma colina (tabuleiro) localizada à margem direita do rio. O mesmo era tanto o meio pelo qual se fazia a circulação existente, como um ponto estratégico para a penetração e ocupação das várzeas do rio Paraíba; e a colina possibilitava a defesa, respondendo à tão requisitada função militar.

Por esse motivo, as primeiras e principais moradias e prédios públicos e comerciais da capital paraibana foram construídos no entorno dessa área. As chamadas “cidade alta” e “cidade baixa”, separadas pela falha geológica do Sanhuá, foram pouco a pouco sendo exploradas e ocupadas até chegar aos dias de hoje (Figura 11).



**Figura 11** – Imagem de satélite da parte noroeste do município de João Pessoa, mostrando cidades baixa e alta. Fonte: Google Earth. Acessado em 10 de novembro de 2020.

Na época da fundação da cidade, saindo das margens do rio e subindo a colina (Baixo Planalto Costeiro), foram erguidas as construções de maior porte: igrejas, conventos e sedes administrativas. A cidade expandiu-se no decorrer dos séculos, porém até as décadas de 60-70 do século XX ainda estava centrada nessas duas unidades morfológicas, resumindo-se à cidade baixa e à cidade alta (MAIA, 2000).

Um dos obstáculos encontrados para a expansão da ocupação urbana no município de João Pessoa foi a presença da dolina de subsidência lenta, localizada onde se encontra hoje o centro da cidade. Esta foi, por muito tempo, considerada barreira contra a expansão da cidade em direção ao leste, porque era uma área de inundações periódicas devido à sua bacia radial centrípeta, com contornos altimétricos descendentes em direção ao centro da bacia.

Por conta da morfologia da bacia da dolina o escoamento das águas pluviais convergia e ainda converge em sua direção, acumulando água no seu centro, como uma lagoa cujas águas podem elevar o nível conforme a intensidade e volume das chuvas e do escoamento das águas pluviais em sua direção. A urbanização dessa área alagadiça, conforme Maia (2000), só foi concluída em 1939.

Segundo Lavieri e Lavieri (1999), já na década de 1920, ocorreu um forte processo de urbanização marcado por manifestações políticas de nacionalismo econômico, em que as massas urbanas tiveram uma participação mais ampla. Porém, em nível local, no município de João Pessoa, a urbanização teve forte impulso após a abertura da Avenida Eptácio Pessoa, a qual foi uma das obras que iniciou no governo Camilo de Holanda e só foi concluída, segundo Martins (2014), na década de 1940.

A concretização da abertura da Avenida Eptácio Pessoa, assim como, as melhorias em seu acesso, destacaram ainda mais a potencialidade desta nova via, aproximando cada vez mais a população da orla, a partir da ocupação dos loteamentos instalados ao longo de suas margens (MARTINS, 2014).

A Avenida Eptácio Pessoa e, posteriormente, outras avenidas que seriam direcionadas à parte costeira, foram como pontes que ligavam e ainda ligam as duas principais unidades de relevo do município de João Pessoa: o topo dos tabuleiros às planícies e terraços marinhos. Para transpor o desnível entre os tabuleiros e os terraços, houve a necessidade de se executar um corte na Formação Barreiras para que a avenida não ficasse com um elevado declive. Este corte, que é uma obra de engenharia, produz vertentes antropogênicas.

No governo de José Américo de Almeida (1951-1956) foi implementado um projeto de pavimentação na cidade contemplando a Avenida Eptácio Pessoa, que facilitou ainda mais o processo de urbanização que se espalhava desde o centro até a orla. A implantação da Avenida

Epitácio Pessoa foi a porta de entrada em direção à urbanização e ocupação das planícies e terraços marinhos da zona litorânea, assim como às áreas adjacentes a elas, que são as áreas de menores cotas altimétricas, compondo a Baixada Litorânea.

Conforme relata Silveira (2004), no período entre 1950 e 1970 ocorreu a criação e consolidação de loteamentos das áreas adjacentes da Epitácio Pessoa, efetivando a implantação dos novos bairros de classe média e alta, tendo sua maior característica o fato desta área ser majoritariamente residencial.

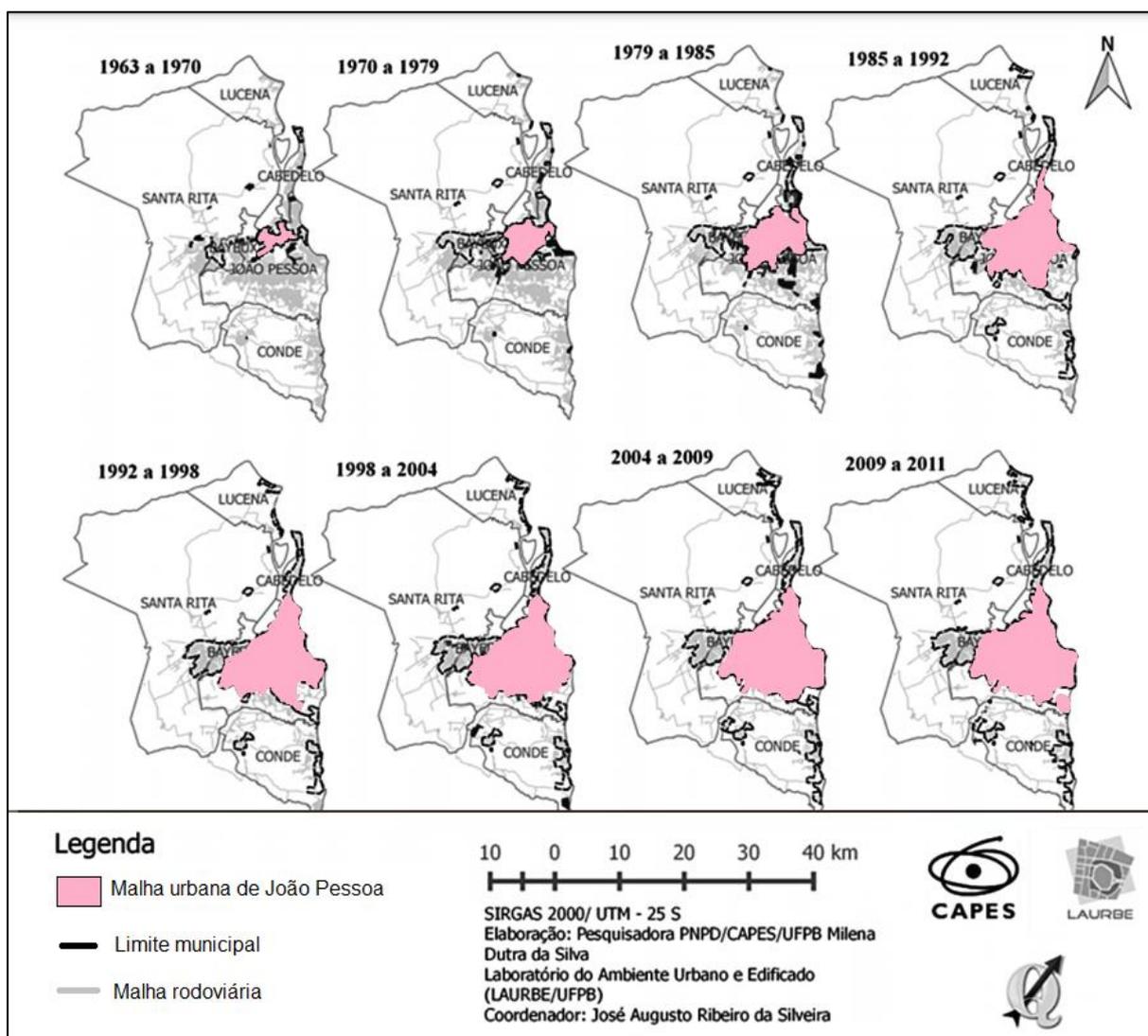
Segundo descreve Maia (2000), a partir do final da década de 60, tem-se início a construção da cidade dos “conjuntos habitacionais”. Iniciando com a construção do Conjunto Castelo Branco (três etapas: 1969, 1970 e 1974), nas proximidades do vale do Jaguaribe e ao lado do campus universitário, seguido pelo Conjunto dos Bancários (1980), limitando-se com o rio Timbó, o Conjunto Mangabeira margeando o rio Laranjeiras, e, por fim, mais ao sul, o Conjunto Valentina de Figueiredo (1985), transpondo o rio Cuiá. Na porção sul-sudoeste, vários outros conjuntos foram construídos como o Costa e Silva (1971), Ernani Sátyro (1977), José Américo (1978), Ernesto Geisel (1978), Cristo Redentor (1981) e Bairro das Indústrias (1983). No período de 1970 a 1983, foram construídos um total de 15.632 domicílios financiados pelo Sistema Financeiro de Habitação (SFH), tendo a sua frente o Banco Nacional da Habitação (BNH).

Em 1969, o então governador João Agripino promove a construção de uma importante obra que muda tanto a dinâmica urbana quanto natural das planícies e terraços marinhos de João Pessoa, constrói um arrojado hotel no pontal da praia de Tambaú, uma grande edificação projetada pelo arquiteto Sérgio Bernardes (COUTINHO, 2004). Essa obra foi uma das principais interferências antropogênicas na planície marinha do município de João Pessoa, que alterou substancial e permanentemente os processos geomorfológicos locais.

Como visto, após década de 1970 a expansão urbana no município de João Pessoa continuou avançando. Conforme estudo de Silva *et al.* (2015), durante o período de 1963 a 1985, a mancha urbana se expandiu aproximadamente 70% de sua área total atual. O crescimento mais proeminente ocorreu durante os intervalos temporais de 1970 a 1979 e de 1979 a 1985, correspondendo, respectivamente, a 20,33 km<sup>2</sup> e 29,07 km<sup>2</sup> de área urbana acrescida à mancha urbana preexistente.

De forma geral, ao analisar as dinâmicas de expansão da urbe, no período de 1963 a 2011, observa-se que a área da mancha urbana de João Pessoa se expandiu a uma área quase seis vezes maior que aquela mancha urbana correspondente ao ano de 1963 (Figura 12).

Vê-se que a expansão se dá principalmente para a parte sul/sudeste do município, tanto sobre os tabuleiros como as planícies e terraços marinhos, sendo ainda a parte sul litorânea e a região sudoeste pouco ocupadas atualmente. Assim, a ocupação do município de João Pessoa se iniciou próximo ao rio Sanhauá, avançou para os topos dos tabuleiros e, logo após, desceu às planícies e terraços marinhos, modificando a topografia original e os processos geomorfológicos.



**Figura 12** – Mapa de expansão da malha urbana de João Pessoa no período de 1963 a 2011.  
Fonte: Modificado de Silva *et al.* (2015).

Atualmente, o município de João Pessoa conta com 65 bairros oficiais (Figura 13), dos quais três possuem mais de 30 mil habitantes, segundo censo de 2010 do IBGE, que são os bairros de Oitizeiro, Mangabeira e Cristo Redentor. No total, o município possui população calculada em 723.515 pessoas. Estes dados demonstram que não houve apenas o processo de expansão da malha urbana sobre a superfície geomorfológica, mas também houve o efetivo

processo de urbanização com o aumento exponencial da população, que conta com 99,6% da população residindo em áreas urbanas.

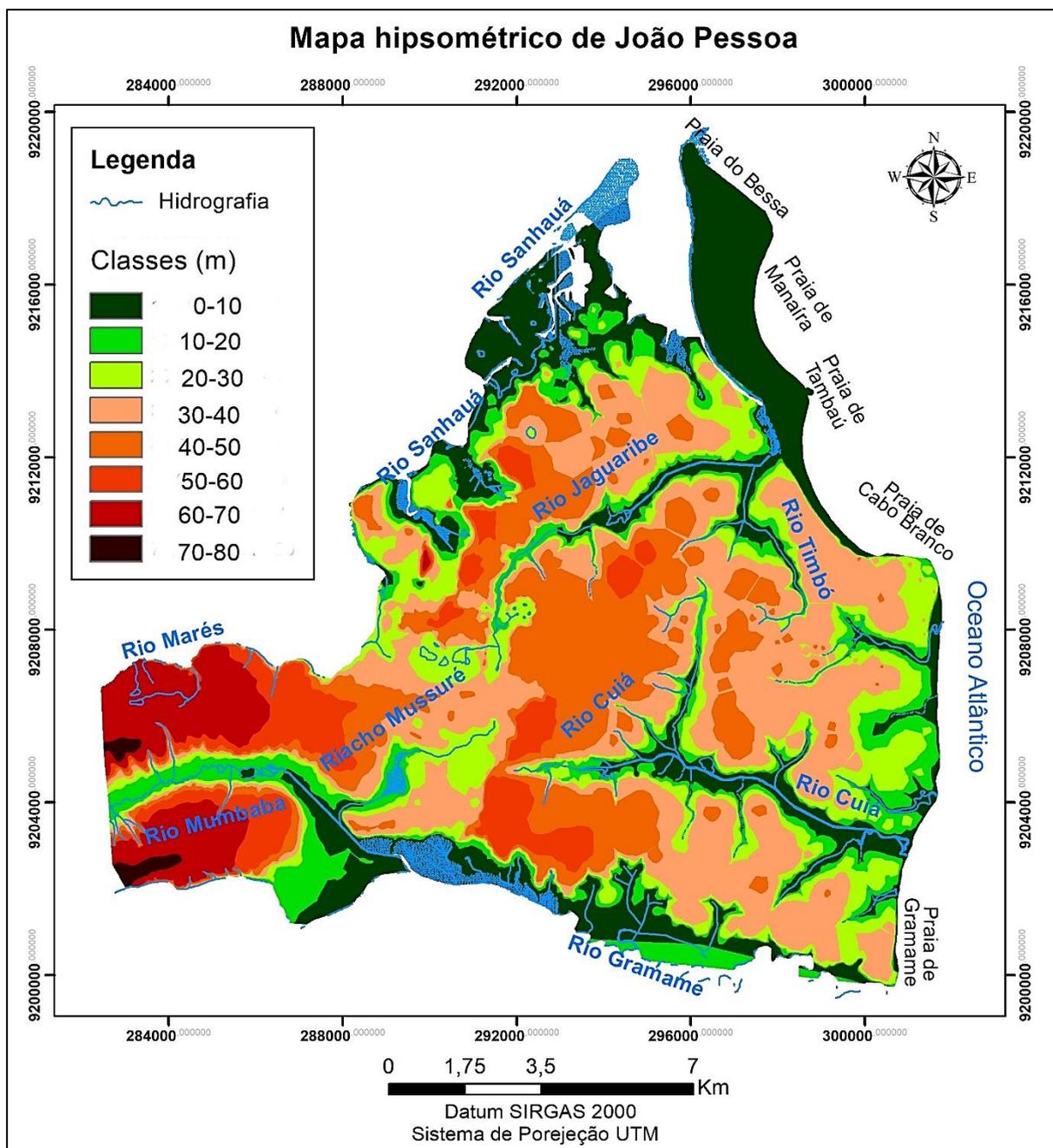


**Figura 13** – Mapa de bairros atuais do município de João Pessoa.  
Fonte: Wimedia (2021). Acesso em 14 de janeiro de 2021.

### 5.1.2 Dados morfométricos de hipsometria e declividade

A elaboração do mapa de hipsometria do município permitiu algumas análises morfométricas que forneceram detalhes do relevo local. A topografia é setorizada, onde, nas planícies costeiras, fluviais e intermareais, há o predomínio de cotas de 0 – 10 m, podendo conter cotas de até 20 m (planícies fluviais) e, seguindo em direção ao interior do município, as

cotas vão ascendendo de valor que vai de 30 até 80 m, que é a cota mais alta do município, no extremo oeste (Figura 14).



**Figura 14** – Mapa hipsométrico do município de João Pessoa.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Essa ascendência de valores das cotas de altimetria no sentido E – W é interceptada por um vale que apresenta valores de 10 a 30 m, estando posicionado entre áreas de altitude de 50 – 60 m, que é o vale do riacho Mussuré (Figura 14).

Quantificando as classes de hipsometria do município de João Pessoa, pode-se avaliar a abrangência em porcentagem da área de cada classe altimétrica. O resultado obtido é sintetizado

na Tabela 1, na qual se pode ver que a classe de maior abrangência corresponde à que fica entre 30 e 40 m de altitude, que caracteriza bem as formas de relevo dos Baixos Planaltos Costeiros que têm essa média de altitude. Esta classe abarca 50,97 km<sup>2</sup> e 25% da área do município.

**Tabela 1** – Medida das classes de hipsometria do município de João Pessoa

Classes (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
0 – 10	41,91	21,0
10 – 20	20,13	10,0
20 – 30	29,77	15,0
30 – 40	50,97	25,0
40 – 50	33,30	17,0
50 – 60	13,19	7,0
60 – 70	10,55	4,5
70 – 80	0,85	0,5
<b>Área total classificada</b>	<b>200,67</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaboração própria.

A segunda classe mais abrangente é a de 0 – 10 m, que representa as altitudes mais baixas, situadas na Baixada Litorânea, tendo 41,91 km<sup>2</sup> e 21% da área do município de João Pessoa. A partir dos 60 m de altitude, a representação areal das classes vai diminuindo.

Os bairros que se situam nas classes de maiores altitudes são os da zona oeste/sudoeste, tais como o bairro de Mussuré e Mumbaba, com cotas de até 80 m, e o Bairro das Indústrias, com cotas de 50 – 60 m e, na zona sul, a área central do bairro de Gramame, que também conta com cotas de 50 – 60 m (para visualização da localização dos bairros, ver Figura 13).

Os bairros que possuem as menores cotas são aqueles instalados sobre as planícies e terraços costeiros, que não ultrapassam os 6 m de altitude, na zona norte do município, são eles: Bessa, Jardim Oceania, Aeroclube, Manaíra, Tambaú e Cabo Branco. Os bairros situados às margens do rio Sanhauá possuem boa parte de seu território com baixas cotas, de 0 – 10 m, alguns deles são: Ipês, Mandacaru, Alto do Céu, Padre Zé, Baixo Róger, Varadouro, parte da Ilha do Bispo e parte do Alto do Mateus (Figura 13).

Para a obtenção dos dados de declividade ou dados clinográficos, foi elaborado o mapa de declividade (Figura 15), que mostra efetivamente o nível das inclinações do terreno. Os valores fixados para medir a declividade na geração desse mapa foram de menor que 3 % a maior que 75%.

A maior parte do município de João Pessoa possui vertentes com declividades de menos de 3% (Figura 15), abrangendo uma área de 130 km<sup>2</sup>, o que caracteriza um típico relevo tabular com extensas áreas de topos aplainados e também amplos terraços e planícies marinhas, como

ocorre em Ponta do Seixas, Cabo Branco, Tambaú, Manaíra, Jardim Oceania e Bessa (Figura 13).

Todavia, são encontradas vertentes com elevadas declividades nos vales mais dissecados e nas falésias ativas e inativas que separam os bairros baixos (descritos anteriormente) dos bairros altos, como: Altiplano, Miramar, Brisamar e João Agripino (Figura 13).

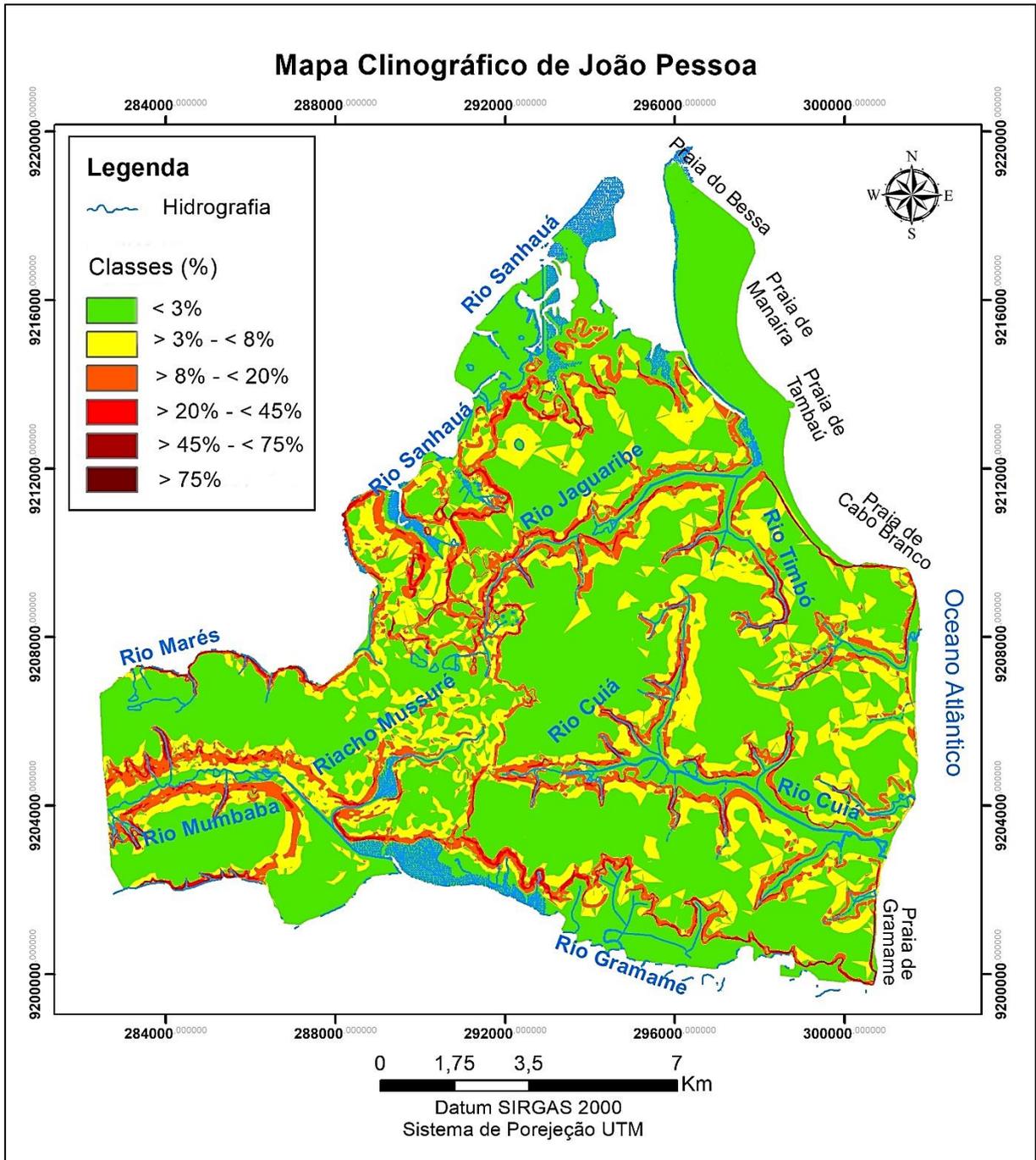
A segunda classe mais abrangente é a de  $< 3 - < 8\%$  (Figura 15 e Tabela 2), ainda caracterizando topografia plana e favorável à urbanização, ocupando 38 km<sup>2</sup>. Outra classe com esta característica de topos de superfície pouco ondulada é a  $> 8 - < 20\%$ , que corresponde a 21,4 km<sup>2</sup> da área (Figura 15 e Tabela 2).

As classes de declividade que possuem menor representação geográfica são: a de  $> 20 - < 45\%$ , que ocupa 6,4 km<sup>2</sup>; a de  $> 45 - < 75\%$ , que se limita a apenas 0,7 km<sup>2</sup>; e a de  $> 75\%$  de inclinação, que cobre 0,08 km<sup>2</sup> do município de João Pessoa. As áreas representadas por estas classes que vão além de 75% no município são as que se localizam nas vertentes dos rios mais encaixados, nos cortes de estradas, que são as vertentes antropogênicas, e nas falésias.

**Tabela 2** – Medida das classes de declividade em km<sup>2</sup>

<b>Classes (%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
< 3	130,00
> 3 – < 8	38,00
> 8 – < 20	21,00
> 20 – < 45	6,40
> 45 – < 75	0,70
> 75	0,08
<b>Área total classificada</b>	<b>196,18</b>

Fonte: Elaboração própria.

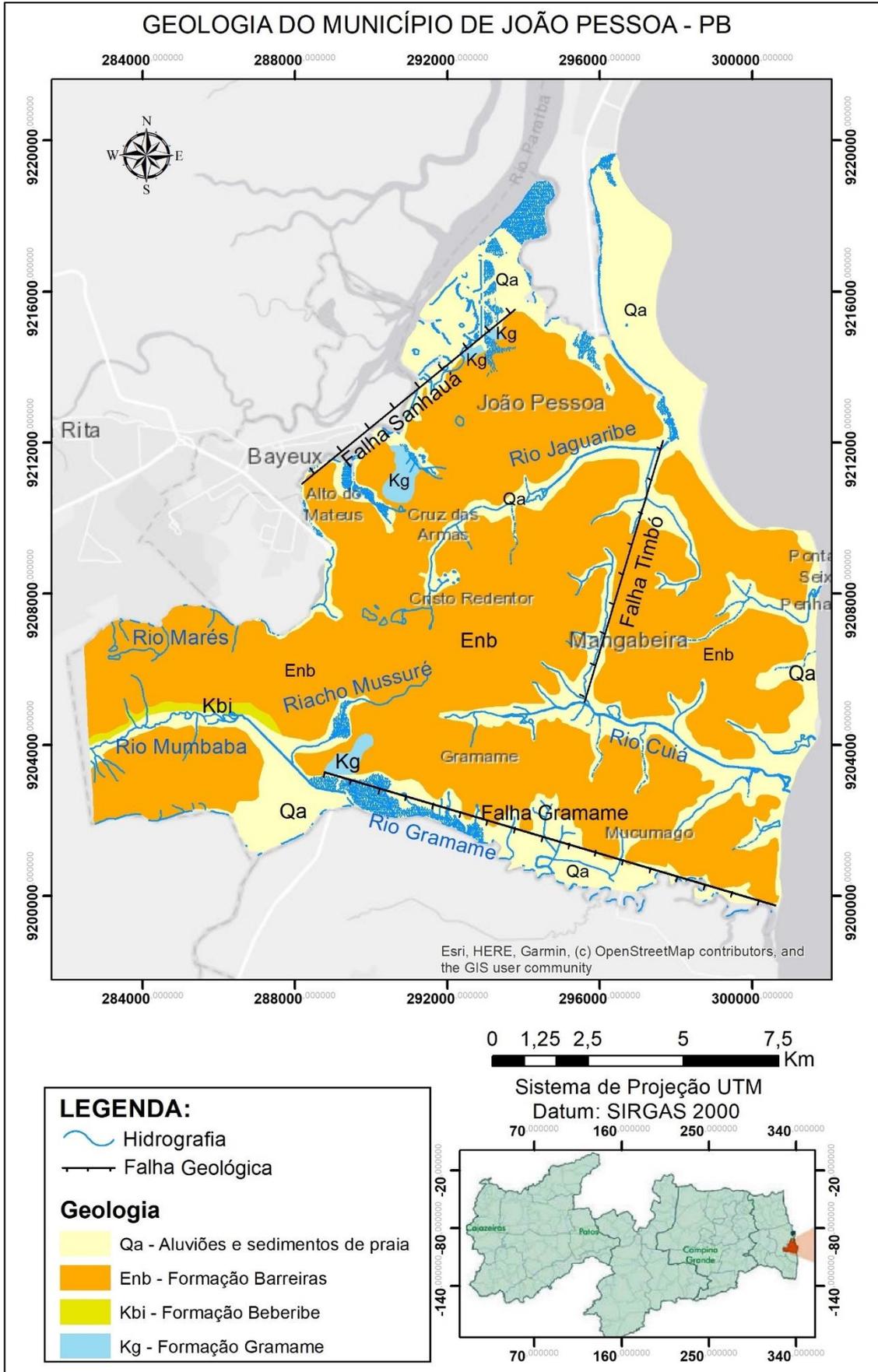


**Figura 15** – Mapa de declividade do município de João Pessoa.

Fonte: Elaboração própria.

### 5.1.3 Aspectos geológicos

Os aspectos geológicos do município de João Pessoa, assim como dos outros dois municípios, foram bem descritos no capítulo de caracterização da área de estudo. Porém, achou-se necessária a inserção deste tema também nos resultados finais da pesquisa, para que houvesse a apresentação do mapa geológico gerado e a sua rápida explanação (Figura 16).



**Figura 16** – Mapa geológico de João Pessoa.  
 Fonte: Adaptado de Brasil (2002).

Como conhecido, o município de João Pessoa é caracterizado por ter formações geológicas predominantemente sedimentares, principalmente a Formação Barreiras e sedimentos Quaternários. A Formação Barreiras é a unidade geológica aflorante de maior exposição em sua extensão geográfica superficial, cobrindo 136,57 km<sup>2</sup> ou 67% de sua área. Além da Formação Barreiras, afloram no município de João Pessoa, em menor extensão, algumas das unidades do grupo Paraíba, como a Formação Gramame, compondo 0,9% da área, e a Formação Beberibe, com 0,1%.

Na área do município também foram identificadas três falhas geológicas que têm condicionado a disposição de diversos cursos de rios e a formação de grábens, como o do rio Gramame. Tais falhas se encontram identificadas no mapa como: Falha Sanhauá, que é responsável pela discrepância topográfica entre a cidade alta e a cidade baixa; Falha Timbó, que direciona o curso do rio Cuiá; e Falha Gramame, que forma a vertente do rio Gramame.

As informações do substrato geológico do município são cruciais para compreender a dinâmica geomorfológica. Por isso, ressalta-se que a geologia sedimentar e o clima chuvoso presentes na área classificam-na como ambiente potencial de riscos geomorfológicos, caso haja ocupações urbanas em regiões de alto declive ou regiões de baixa topografia.

#### **5.1.4 Mapeamento geomorfológico – 1º ao 4º táxon**

Como um dos principais resultados desta pesquisa, tem-se o mapa de geomorfologia detalhado com relevo antropogênico dos municípios estudados. Tal mapa (Anexo A) traz como grande foco as formas tecnogênicas atuais, porém, para melhor contextualização das características geomorfológicas, foram adicionadas ao referido mapa informações sobre os quatro primeiros níveis taxonômicos de Ross (1992), sobre os quais será discorrido a seguir.

O 1º táxon abarca a estrutura geológica presente no município – os sedimentos quaternários e a cobertura sedimentar de plataforma, composta pela Formação Barreiras. Estas unidades geológicas se encontram sobre a Bacia Sedimentar da Paraíba, que também é considerada como unidade morfoestrutural na área, pois, embora sua representação geográfica seja pequena, ela aflora em alguns pontos e o relevo desenvolvido sobre a Formação Barreiras está intimamente relacionado às estruturas falhadas dessa bacia.

O 2º táxon, composto por unidades morfoesculturais, compreende, na área de estudo, a Baixada Litorânea e os Baixos Planaltos Costeiros. O 3º e o 4º táxons correspondem, respectivamente, aos padrões de formas de relevo e aos tipos de formas de relevo. Para um melhor entendimento, eles serão analisados conjuntamente.

Pode-se observar três formas de denudação, que são:

- a) **Dt 31:** são formas de dissecação tabular com entalhamento médio do vale de intensidade média (40 – 80 m), com dimensão interfluvial média classificada como muito grande (> 1500 m). Este tipo de forma está localizado na região próxima ao rio Mumbaba e na margem esquerda do rio Jaguaribe. Este padrão de relevo ocupa 73 km<sup>2</sup> e 35% da área do município (Anexo A). No compartimento geomorfológico denudacional tabular (Dt 31), são verificadas as maiores altitudes do município e também os tabuleiros mais amplos, com uma rede hidrográfica menos densa. Fazem parte deste compartimento geomorfológico os bairros: Torre, Estados, Mandacaru, Treze de Maio, Tambiá, Jaguaribe, Cruz das Armas, localizados no setor mais central do município; Mussuré, Mumbaba e Indústrias, mais afastados e muito menos urbanizados; e Brisamar e João Agripino (Figura 13), próximos à falésia inativa que separa esse compartimento dos terraços e planícies marinhas. Neste tipo de compartimento se verificam as minerações de calcário e argila para a fabricação de cimento, tanto da fábrica Cimpor, como a mineração ilegal de Mandacaru e Roger para a extração de calcário para fundações na construção civil (Anexo A).
- b) **Dt 21:** são formas de dissecação em topos tabulares com entalhamento médio do vale classificado como fraco (20 – 40 m), com dimensão interfluvial média muito grande (> 1500 m). A localização de tais formas no município se encontra nas áreas próximas à bacia do rio Cuiá (Anexo A), em ambas as margens da bacia, ocupando 78 km<sup>2</sup> e 38% da área do município. Esse compartimento engloba o setor sudeste do município até atingir as falésias ativas e inativas. Estão localizados sobre o Dt 21 os bairros de Mangabeira, Jardim Cidade Universitária, Bancários, Água Fria, Cuiá, Ernesto Geisel, Valentina, Portal do Sol, Barra do Gramame, Costa do Sol, Altiplano, entre outros (Figura 13).
- c) **Dc 31:** além das formas tabulares, na escala trabalhada neste estudo, encontra-se, no município de João Pessoa, um trecho cuja disposição do relevo forma superfícies de topos convexos. Esta área está localizada nas proximidades do riacho Mussuré, afluente do rio Mumbaba (Anexo A). Este tipo de forma ocupa 12,7 km<sup>2</sup> e 6% da área do município. Neste compartimento, localizam-se os bairros do Distrito Industrial, Funcionários, Costa e Silva e Ernani Sátiro (Figura 13).

Em relação às formas de acumulação, foram incorporados novos termos por Furrier (2007), que são aglutinações dos termos já propostos por Ross (1992) e a incorporação de formas de acumulação coluviais. Essas aglutinações fizeram-se necessárias devido à escala

adotada, pois, em alguns casos, não foi possível separar, por exemplo, terraço fluvial de planície fluvial, terraço marinho de planície marinha, depósito de colúvio de terraço fluvial. No total, foram identificados seis tipos de formas de acumulação no município:

- a) **Área de planície intermareal ou interdial (Api):** a planície intermareal corresponde às áreas de mangue. No município, ela ocupa uma área de 17,5 km<sup>2</sup> e 8% da área do município e ocorre principalmente nas margens do rio Sanhauá e nos baixos cursos dos rios Gramame, Cuiá, Aratu e Cabelo, no noroeste do município (Anexo A).
- b) **Área de planície fluvial (Apf):** são aquelas justapostas ao canal fluvial, ocupam 6,3 km<sup>2</sup> e 3% do total da área de estudo, localizada em trechos do rio Gramame, riacho Mussuré, rio Cuiá e em outros pequenos afluentes (Anexo A).
- c) **Área de terraço e planície marinha (Atpm):** encontram-se nas áreas de praia e sua retaguarda, ocupando 10,6 km<sup>2</sup> e 6% do município. As planícies marinhas são as áreas de praia que ainda sofrem inundação das águas marinhas, até aonde a maré pode avançar, já os terraços são as antigas planícies marinhas que atualmente não sofrem mais inundação devido ao recuo do mar, que atingiu seu último ápice no litoral brasileiro há 5.600 AP (SUGUIO; MARTIN, 1978). Sua área de maior abrangência geográfica se encontra a nordeste da área de estudo, onde se situam os bairros de Tambaú, Manaíra e Bessa (Figura 13).
- d) **Área de terraço e planície fluvial (Atpf):** devido à escala adotada e aos pequenos riachos que cortam o sítio urbano de João Pessoa, em alguns trechos do mapa geomorfológico, foi impossível separar terraço de planície fluvial, mas essas áreas não podem ser desprezadas. O terraço fluvial é constituído por material aluvial mais antigo e em nível mais alto do que o atual da planície aluvial e que ficou como testemunho de um período da evolução dessa planície. Planície fluvial é a faixa do vale fluvial composta de sedimentos aluviais atuais, bordejando o curso de água e, periodicamente, inundada pelas águas de transbordamento provenientes do rio. As áreas de terraço e planície fluvial ocorrem em João Pessoa principalmente nos afluentes do rio Mumbaba, trechos do rio Jaguaribe, rio Timbó e rio Cuiá (Anexo A). Perfazem uma área de 3,6 km<sup>2</sup> e 1% do município.
- e) **Área de colúvio, terraço e planície fluvial (Actpf):** devido à escala adotada neste trabalho, não foi possível diferenciar os colúvios dos terraços em certos pontos, por isso, a adaptação metodológica de Furrier (2007) foi utilizada. Os colúvios são porções de terras formadas pelo material transportado de um local para outro,

principalmente, pela gravidade. O material coluvial só aparece no sopé de vertentes ou em lugares muito afastados de declives que lhe estão acima (GUERRA; GUERRA, 1997). Esse tipo de forma ocupa 7,8 km<sup>2</sup> e 3% da área. As principais áreas de ocorrências dessas formas são as vertentes voltadas para o vale do médio Gramame, principalmente no bairro Mussuré e nas vertentes do médio Jaguaribe, sobretudo no bairro Castelo Branco (Figura 13) (Anexo A).

- f) **Área de colúvio e terraço fluvial (Actf):** ocupa 0,1 km<sup>2</sup> no município e consiste na presença dos colúvios e dos terraços fluviais impossíveis de serem discriminados precisamente. São observados nos cursos de água fortemente encaixados, principalmente nos sopés das vertentes com declividades elevadas. Em João Pessoa, este tipo de agrupamento de forma foi identificado em um afluente do rio Mumbaba sem denominação, localizado no bairro Mussuré, e em trechos do rio Cuiá e em seus afluentes com entalhamento muito acentuado, localizados nos bairros de Mangabeira e José Américo (Figura 13) (Anexo A).

O 5º táxon corresponde às formas das vertentes, e não foi adicionado a este mapeamento, pois ele é mais útil em regiões com relevo mais dissecado, não compactuando com o tipo de relevo da área de estudo. O município é composto basicamente por superfícies tabulares cortadas por canais fluviais e extensos terraços e planícies marinhas, que nesta escala formam, por vezes, topos semicolinosos.

Há uma área bem específica do município que não forma tabuleiros, por conta da disposição da rede hidrográfica, tendo, assim, superfície semicolinosa ou convexa, e está localizada na região do riacho Mussuré, que não obedece à orientação dos outros rios, desaguando no rio Mumbaba. É nessa área que se vê a presença de pequenas colinas, o que somente pode ser justificado por uma forte influência morfoestrutural nesse setor do município (Figura 17).



**Figura 17** – Topos semicolinosos – Distrito Industrial, João Pessoa, imediações do riacho Mussurê.  
Foto: Tamires Barbosa (2014).

### 5.1.5 Mapeamento geomorfológico – 6º táxon

O 6º táxon descrito por Ross (1992) abarca as formas resultantes de processos atuais, tanto naturais quanto antropogênicos. Neste trabalho, buscou-se evidenciar no mapa geomorfológico as formas e processos de formação de relevo, principalmente de cunho antropogênico.

No município de João Pessoa, foram mapeadas, identificadas em campo e analisadas diversas formas de relevo antropogênicas, sendo estas subdivididas em classes, tipos e unidades de relevo. Foram definidas três principais classes: Terreno Complexo (*landscaped ground*), Terreno Produzido (*made ground*), e Terreno Escavado (*worked ground*). Significa dizer que os tipos e unidades de relevo no município de João Pessoa se encontram dentro de grandes áreas com conjuntos de processos diferenciados, existindo no Terreno Complexo áreas onde a superfície preexistente foi extensivamente remodelada, no Terreno Escavado áreas em processos de erosão e no Terreno Produzido áreas em processo de acumulação.

Dentro do Terreno Complexo foi considerada toda a área urbanizada do município que se expande sobre cerca de 80% da extensão total, conforme dados do IBGE. Esse terreno serve como pano de fundo para a maior parte dos tipos e unidades de relevo dos outros dois terrenos tecnogênicos.

Os tipos de formas antropogênicas presentes no Terreno Produzido no município de João Pessoa foram: depósitos tecnogênicos, aterros, formas de alteração fluvial, áreas remobilizadas e o relevo cárstico urbanizado. Estes foram divididos em unidades de relevo, que são as formas mais pontuais, com maior nível de detalhes, as quais serão descritas mais detalhadamente a partir de agora.

Os depósitos tecnogênicos mapeados no município de João Pessoa foram basicamente os descritos por Peggia *et al.* (2018), mais precisamente os depósitos gárbicos, úrbicos e líticos. Além destes depósitos, também são considerados como depósitos tecnogênicos a progradação praial resultante de ações antropogênicas e os depósitos de *petcoke*.

Depósitos gárbicos e úrbicos são comuns por toda a área da cidade, especialmente áreas mais periféricas, no caso dos gárbicos, e em áreas em processo de construção de elementos urbanos, no caso dos úrbicos. Alguns destes depósitos foram identificados próximos à margem esquerda do rio Cuiá, no bairro de Mangabeira e no bairro Colinas do Sul. Porém, o depósito gárbico de maior destaque neste mapeamento do município de João Pessoa consiste no aterro sanitário no bairro do Mussuré, com área de cerca de 0,7 km<sup>2</sup> e perímetro de 4 km (Figura 18).



**Figura 18** – Aterro sanitário de João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

O aterro do Mussuré foi o primeiro aterro sanitário da Paraíba, e a sua instalação permitiu o encerramento das atividades do antigo Lixão do Roger, que funcionou por cerca de 45 anos como depósito de lixo a céu aberto e sem qualquer proteção do solo. O aterro sanitário

é um depósito tecnogênico gárbico que possui materiais detríticos e lixo orgânico, e é considerado uma forma de agradação devido à elevação topográfica gerada pela acumulação constante do material.

Dos depósitos líticos encontrados no município de João Pessoa, destacam-se aqueles utilizados nas zonas costeiras na tentativa de combater a erosão marinha. Esses depósitos podem ser encontrados nas praias urbanas, que sofrem com frequência os efeitos da erosão, devido ao menor aporte de sedimentos que estas praias possuem por conta da construção de elementos urbanos que avançam até a linha de praia. Os depósitos líticos da zona costeira são caracterizados por serem, em sua maioria, compostos por rochas cristalinas graníticas e gnáissicas trazidas de zonas de mineração fora da área de estudo.

No mapa geomorfológico (Anexo A), estes depósitos foram identificados no município de João Pessoa nas praias do Bessa, em formato de espigões, que são barras perpendiculares à linha de costa que são colocadas na faixa de praia para ajudar a conter a erosão da corrente de deriva litorânea, assim como nas praias de Manaíra e Cabo Branco, com estruturas de enrocamento para conter a ação do mar, dispostas paralelamente à linha de costa. Estas estruturas são também encontradas na praia do Seixas, com uma barreira rochosa de cerca de 300 m de extensão, sendo composta por rochas calcárias da Formação Gramame, conforme detectam Souza e Furrier (2015) e Furrier *et al.* (2017) (Figura 19).



**Figura 19** – Depósito lítico calcáreo disposto na praia do Seixas – João Pessoa.  
Fonte: Secretaria de Planejamento Urbano (2013).

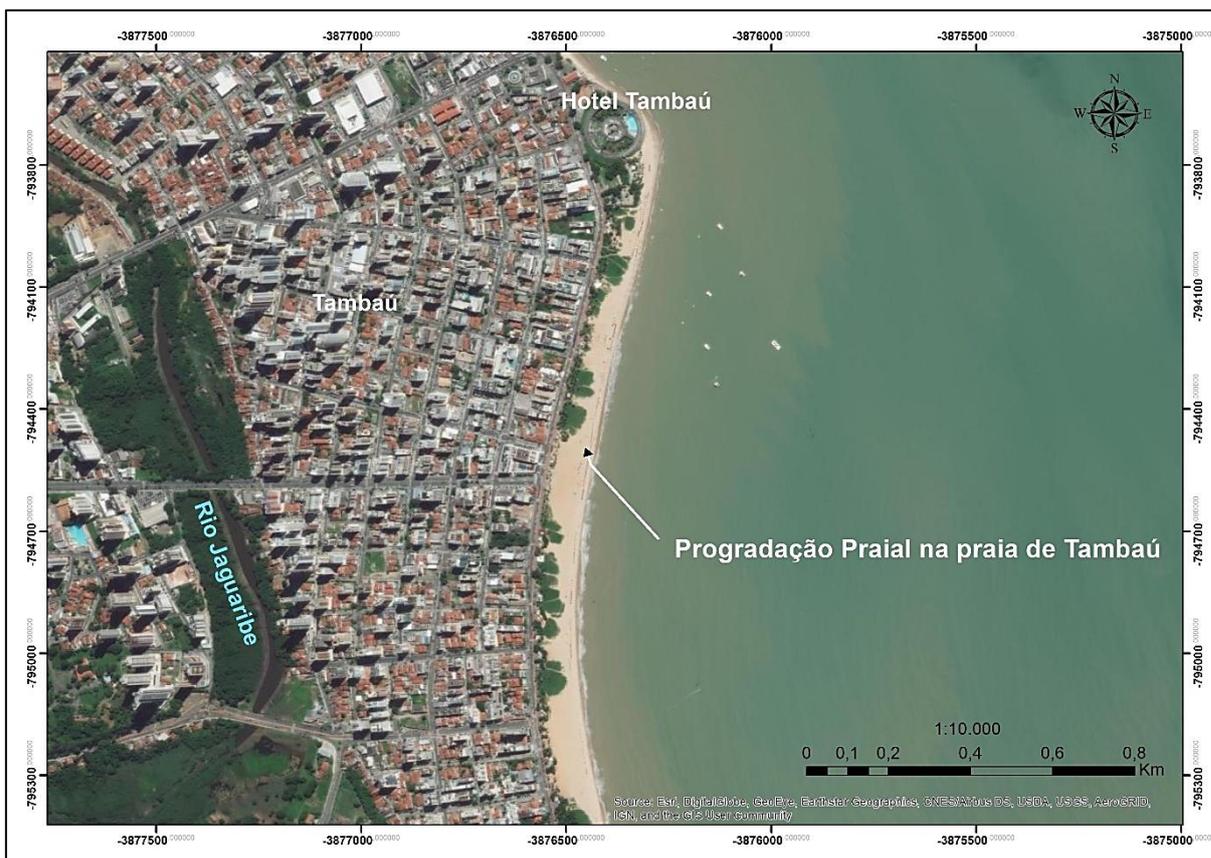
Na praia de Cabo Branco, a disposição dos depósitos líticos faz parte do projeto de contenção de erosão da falésia, que consistiu, em primeiro lugar, na ampliação da rede de drenagem para redirecionar o escoamento das águas pluviais que ocorrem no topo da falésia, e, nesta segunda etapa, a implementação do muro de contenção com cerca de 1 m de altura e 1,3 km de extensão, com rochas graníticas no sopé da falésia foi executada (Figura 20).



**Figura 20** – Depósito lítico disposto no sopé da Barreira Cabo Branco – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Outro tipo de depósito antropogênico considerado nesta pesquisa é a progradação praias, que pode ser desencadeada por processos naturais relacionados à corrente de deriva litorânea. Porém, quando este processo é causado por interferência humana, diz-se que teve origem antropogênica.

Na área do município de João Pessoa, pode-se encontrar tal processo na praia de Tambaú (Figura 21), a corrente de deriva litorânea, que nesta região tem sentido sul-norte, leva os sedimentos até a praia de Tambaú, onde são interceptados pelo Hotel Tambaú. O hotel, neste caso, funciona como uma armadilha de sedimentos, ou um tipo de espigão que retém estes sedimentos, desenvolvendo a acumulação deles com formação de faixa de praia mais larga. A faixa de areia nesta praia chega a até 122 m de largura, tendo como ponto de referência para essa medição o Busto de Tamandaré.



**Figura 21** – Imagem de satélite da praia de Tambaú, mostrando processo de progradação praial a partir da parte sul do Hotel Tambaú.

Fonte: Elaboração própria (2020), dados do Digital Globe (2020).

Para finalizar em relação aos depósitos tecnogênicos no município de João Pessoa, voltando ao bairro do Mussuré, encontra-se disposto o depósito de *petcoke*, em uma área de cerca de 0,1 km<sup>2</sup>. O *petcoke* ou coque verde de petróleo (CVP), segundo Brasil (2019), é um combustível sólido obtido do processamento de frações do petróleo, é poroso, de cor negra e geralmente se apresenta na forma de grânulos, sendo muitas vezes semelhante ao carvão mineral. Os depósitos de *petcoke* considerados neste mapeamento são os locais de armazenamento do produto (Figura 22).

Há uma crescente preocupação quanto aos potenciais efeitos causados pelo CVP sobre a saúde humana e o meio ambiente durante sua produção, armazenamento, transporte e uso. A contaminação de mananciais, a poluição do ar devido a poeiras fugitivas (partículas extremamente finas que podem ser carregadas a longas distâncias) e a geração de gases tóxicos durante a sua queima são os efeitos negativos que podem decorrer do seu uso. O armazenamento a céu aberto pode ser feito desde que sejam tomadas medidas adequadas para a mitigação de poeiras fugitivas, tais como: manter as pilhas de coque umedecidas e protegidas da ação direta dos ventos e a implantação de sistemas de drenagem de águas pluviais (BRASIL, 2019).



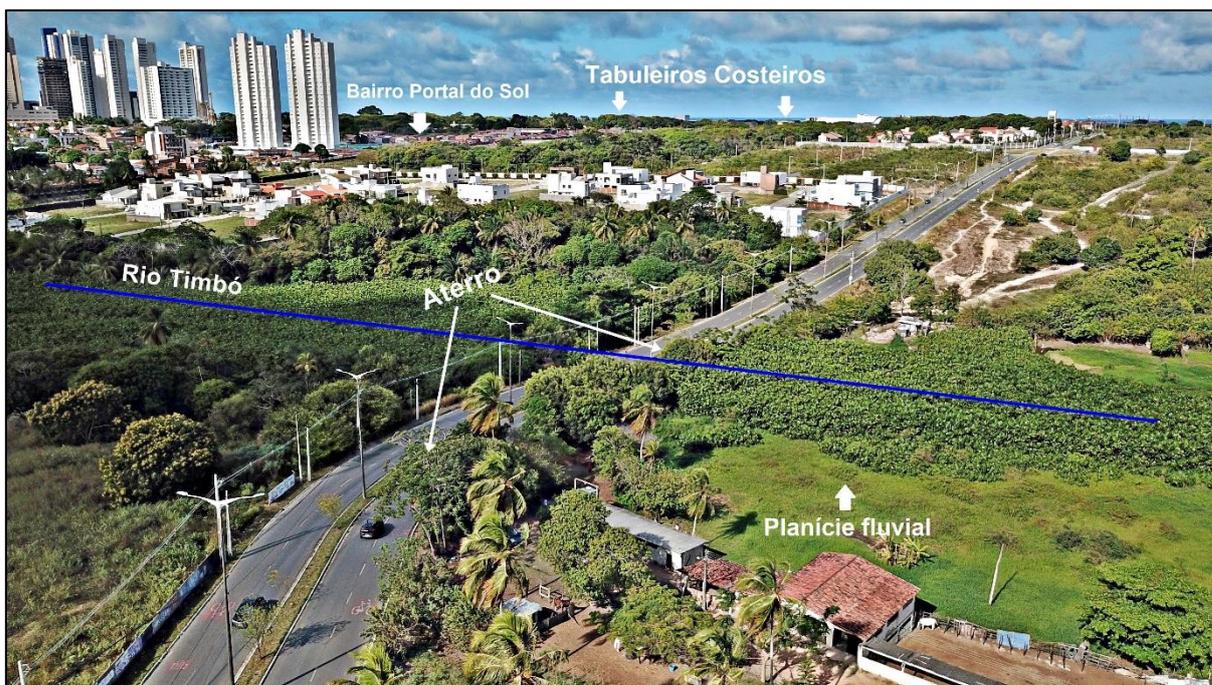
**Figura 22** – Depósito de *petcoke* no bairro do Mussuré – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Os depósitos de *petcoke* localizados no município de João Pessoa são armazenados a céu aberto, porém, sua localização está em zona afastada da cidade e de moradias, ficando na zona rural do município. Quanto aos controles de resíduos no ar e no solo, não foi possível detectar as políticas da empresa, visto que não houve acesso a ela.

Ainda nos Terrenos Produzidos no município de João Pessoa, encontram-se os aterros. Os principais aterros identificados na área foram os construídos para rodovias e avenidas e os destinados às ferrovias.

Sabe-se que o município referido tem grande parte de sua área disposta sobre os Tabuleiros Costeiros, mas também existem diversas planícies e terraços sobre os quais são construídas comunidades, como, por exemplo, o bairro São José, que se situa na planície do rio Jaguaribe, e os bairros do Bessa, Aeroclub, Manaíra etc., que estão dispostos sobre os terraços e planícies costeiras.

Assim, sobre planícies e terraços em zonas urbanas perpassam avenidas, rodovias e ruas, em geral. Na maioria das vezes que um arruamento ou comunidade está assentada sobre planícies fluviais, marinhas ou terraços costeiras, foi necessário, para tal urbanização, a implantação de um aterro (Figura 23).



**Figura 23** – Aterro para avenida sobre o vale do rio Timbó – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Em relação aos rios urbanos, algumas alterações antropogênicas foram implementadas, principalmente nos rios Marés e Jaguaribe. O rio Marés fica na divisa entre João Pessoa, Bayeux e Santa Rita (Anexo A). No município de João Pessoa, as principais alterações que ocorreram nesse rio foram: o aterro de parte de seu curso para construção do viaduto que liga a BR 101 à Via Oeste; e o barramento do rio para a construção do açude Marés (Anexo A).

O rio Jaguaribe é um dos rios urbanos mais extensos e importantes da cidade, sua bacia corta de leste a oeste o setor central do município de João Pessoa, tomando direção norte nos limites Tabuleiros-Planícies Costeiras (Anexo A). O rio principal dessa bacia contém cerca de 14 km de extensão. Ao longo do tempo, esse rio passou por diversas modificações.

Em função de obras de drenagem na década de 1930, o curso do rio foi alterado, mudando sua foz, que ficava na praia do Bessa, para uma nova desembocadura, localizada no rio Mandacaru, afluente do rio Paraíba. Assim, a antiga foz do rio Jaguaribe ainda sobrevive atualmente como um Maceió, e seu antigo curso remanesce como um rio morto, sem a energia do fluxo da água, recebendo, entretanto, poluentes diversos (Figura 24). Além das questões poluentes sobre esse rio, nota-se na Figura 24 que sua planície, no Bairro São José, foi extensivamente ocupada, caracterizando uma planície tecnogênica, onde os processos naturais geomorfológicos são diretamente influenciados pela ação humana.



**Figura 24** – Trecho do curso do rio Jaguaribe (rio Morto) localizado às margens do Bairro São José, ao lado do Manaíra Shopping – João Pessoa. Vista a partir do último andar do prédio de estacionamento do Manaíra Shopping.

Foto: Tamires Barbosa (2014).

Prosseguindo a análise dos tipos e unidades de relevo do Terreno Produzido no município de João Pessoa, foi identificada, dentro de uma área remobilizada, o antigo lixão do bairro do Róger, que lá funcionou por 45 anos. A área de cerca de 0,2 km<sup>2</sup> e perímetro de 2 km está situada sobre uma planície intermareal adjacente ao rio Sanhauá (Anexo A). É considerada uma área remobilizada, por conter atualmente novos depósitos de materiais recicláveis sobre antigo terreno utilizado como depósito gárbico.

Devido à litologia da área (sedimentos inconsolidados quaternários) e a frequente deposição de lixo a céu aberto e sem proteção ao solo, há grandes possibilidades de formação de camadas tecnogênicas alteradas quimicamente, assim como da contaminação da água do lençol freático próximo.

Apesar de desativado em 2003, e ter sido elaborado plano de recuperação do ambiente, os depósitos de lixo, de fato, ainda são lançados na área. Diversas estruturas relacionadas à tentativa de recuperação foram deixadas no local, dando origem a mais depósitos antropogênicos (Figuras 25 e 26).



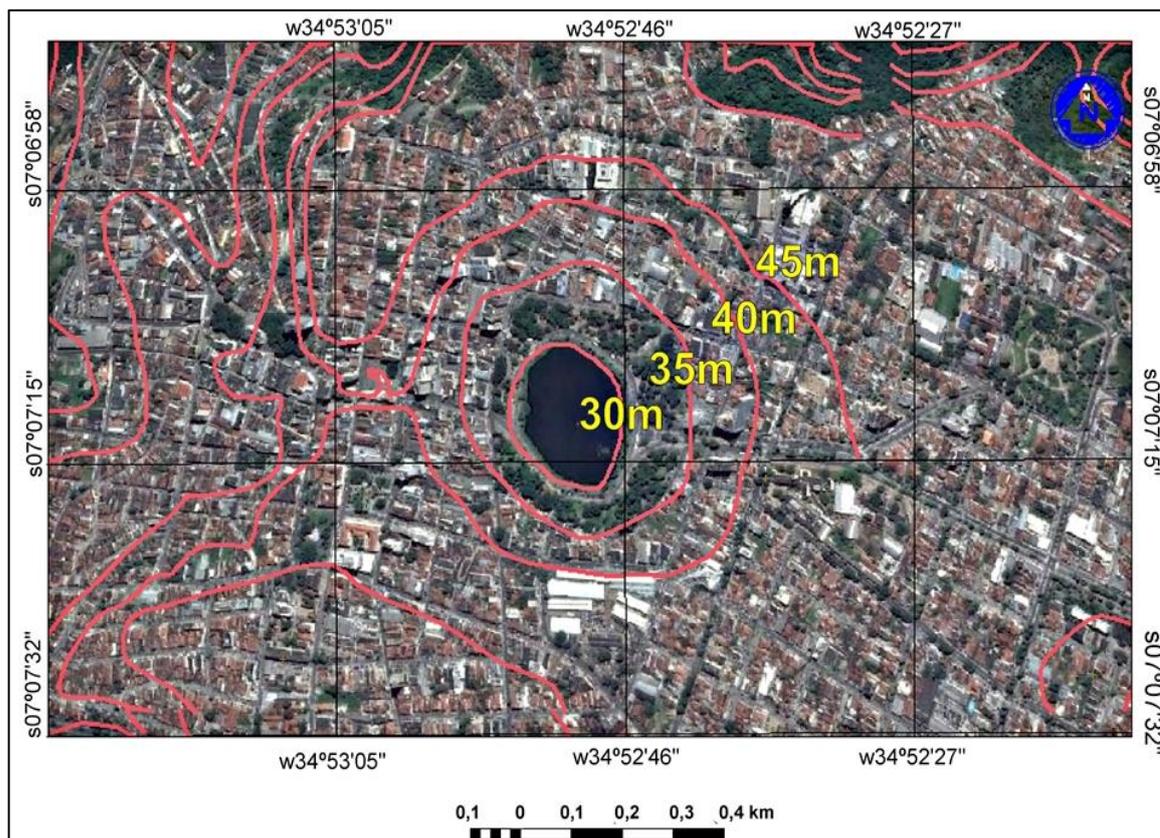
**Figura 25** – Obra para recuperação da área do antigo lixão do Róger, com colocação de dreno para chorume – João Pessoa.

Fonte: Nóbrega (2003 *apud* FAGUNDES, 2010).



**Figura 26** – Obra para recuperação da área do antigo lixão do Róger, com vertentes antropogênicas – João Pessoa.  
Fonte: Scientec (2009 *apud* FAGUNDES, 2010).

Para concluir as unidades de relevo do Terreno Produzido no município de João Pessoa, foram identificadas, dentro do tipo “relevo cárstico urbanizado”, as dolinas urbanas. As dolinas urbanas de João Pessoa são formadas por processos naturais, provenientes da dissolução do calcário e subsidência do terreno, com drenagem centrípeta, acumulando água em seu centro (Figura 27). Chama-se dolina urbanizada pelo fato de ter recebido grande quantidade de elementos urbanos ao seu redor e por vezes em seu interior. A dolina urbana mais conhecida é a dolina do centro da cidade, que é o Parque Sólon de Lucena.



**Figura 27** – Dolina urbanizada no Parque Sólón de Lucena, João Pessoa, com curvas de nível em vermelho e cotas altimétricas em amarelo.

Fonte: Barbosa, T. (2015).

A dolina do Parque Sólón de Lucena passou, ao longo do tempo, por diversas obras de intervenção, revitalização e paisagismo, compondo parte importante do centro da cidade, onde se desenvolveu grande centro comercial, centro de integração de ônibus e local de lazer.

A urbanização das dolinas altera processos naturais importantes, dentre eles, processos que auxiliam na morfogênese, como, por exemplo, o escoamento e infiltração de águas pluviais, que influem diretamente na taxa de erosão do solo e no número de enchentes/inundações que há em seu entorno. A dolina do Parque Sólón de Lucena corresponde a uma área total de aproximadamente 0,1 km<sup>2</sup> e perímetro de cerca de 1,2 km.

Os tipos de formas antropogênicas presentes no Terreno Escavado no município de João Pessoa foram: as formas gravitacionais induzidas, cicatriz de erosão, mineração, erosão costeira, formas fluviais formadas por escavação, cortes e vertentes tecnogênicas. Eles foram divididos em unidades de relevo, que são as formas mais pontuais, com maior nível de detalhes, as quais serão descritas mais detalhadamente a seguir.

As formas gravitacionais induzidas se referem a todo tipo de relevo resultante de um processo de movimentação de material geológico por ação da gravidade, induzida por atividade humana direta ou indireta. Assim, grande parte dos movimentos de massa que ocorrem em

zonas urbanizadas resultam, após o acidente, em formas gravitacionais induzidas que podem dar origem a uma cicatriz de erosão, pois, apesar de toda a contribuição dos fenômenos da natureza, ação climática e tipo de material geológico que compõe determinada vertente, a alteração da estabilidade dela em virtude da ocupação humana ou construção de qualquer elemento urbano sobre ela acelera o processo erosivo e dá vasão à formação de uma área de risco.

Na área de estudo, as formas gravitacionais induzidas não são tão comuns quanto em outras cidades do Brasil, por exemplo, Rio de Janeiro e São Paulo, por conta da predominância de um relevo plano formado pelos Tabuleiros Costeiros esculpidos sobre a Formação Barreiras. O município de João Pessoa, por conter grande parte de sua área com valores de declividade abaixo de 3% (Figura 15), não possui abundância quanto a esse tipo de forma. Porém, em pontos específicos de alta declividade, como falésias, vales de rios urbanos e grandes cortes de estrada, as formas gravitacionais induzidas podem ser encontradas (Figura 28).



**Figura 28** – Cicatriz de erosão em vertente antropogênica nas margens da Avenida Via Oeste – João Pessoa. Foto: Tamires Barbosa (2020).

Neste ponto em que a imagem foi capturada, pode-se observar que se trata de uma cicatriz de erosão resultante de um processo gravitacional induzido, pois, apesar de o deslizamento ter ocorrido provavelmente devido à saturação da água da chuva entre os grãos da rocha sedimentar em alta declividade, sabe-se que essa declividade é causada pelo corte de

estrada, ou seja, atividade antropogênica. Soma-se a isso o aumento da instabilidade da vertente tecnogênica pelo peso dos elementos urbanos construídos no topo do tabuleiro, próximo ao limite da vertente.

Os cortes de estrada são unidades de formas de relevo antropogênicas feitas para “suavizar” a topografia pelas quais as estradas e arruamentos em geral são construídos. Muitos dos cortes de estrada presentes no município estudado foram executados em virtude da necessidade de uma rua ou avenida ter que passar de uma unidade de relevo para outra, mais especificamente tabuleiros-planícies e vice-versa.

No mapa geomorfológico, foram identificados os principais cortes de estradas nas avenidas que ligam a parte oeste da cidade à orla, como nas avenidas Epitácio Pessoa, Ministro José Américo de Almeida e Ruy Carneiro, além dos cortes existentes nas principais rodovias que cortam a cidade, que são: a BR 230, que apresenta cortes em pontos específicos dos bairros Jardim Veneza, Conjunto Esplanada (Figura 29), Castelo Branco, Tambauzinho e Brisamar; a BR 101, que apresenta cortes em pontos específicos do bairro Distrito Industrial; e a PB 008, onde a maior parte dos cortes são na passagem tabuleiros-planícies, nas áreas litorâneas e nos limites com o município do Conde (Figura 13 e Anexo A).



**Figura 29** – Corte formando vertente antropogênica sobre a Formação Barreiras próximo às três lagoas, Conjunto Esplanada – João Pessoa. Vista a partir do topo do tabuleiro.  
Foto: Tamires Barbosa (2020).

Quando o corte de estrada é executado, forma-se um determinado tipo de vertente tecnogênica, resultante diretamente da ação humana. No município de João Pessoa, não é raro encontrar ocupações urbanas em vertentes tecnogênicas e, conseqüentemente, áreas de risco relacionadas.

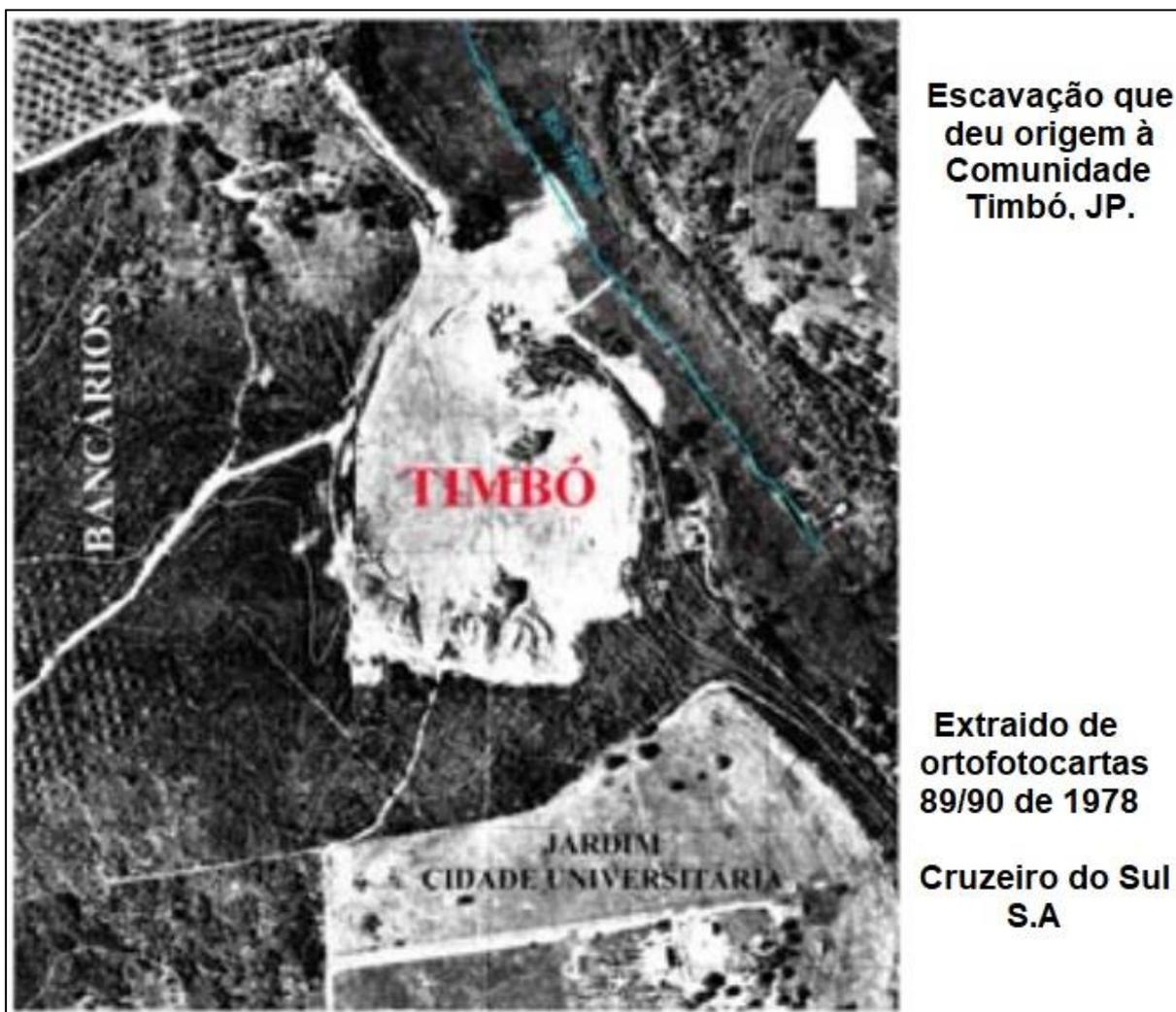
O bairro do Timbó, localizado próximo ao vale do rio homônimo, com valores altimétricos em torno de 0 até 20 m, possui ao seu redor um tipo de vertente tecnogênica originada a partir de atividades humanas diretas, que corresponde à atividade de mineração (Figura 30).



**Figura 30** – Superfície de escavação e Vertente Tecnogênica no bairro do Timbó – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Essa comunidade tem tais cotas de altimetria não somente por estar situada na planície do rio Timbó, mas também por sua história de ocupação em terreno escavado por ação antropogênica, ou seja, a comunidade está localizada em uma superfície de escavação, criada como resultado de atividade de extração de argila para construção de conjuntos habitacionais na região do bairro dos Bancários na década de 1970 e, posteriormente, retirada de material para utilização em outras obras na capital.

Dantas (2003) relata sobre esse fato mostrando, mediante ortofotocartas 89/90 de 1978, em escala 1:2000, obtidas pelo Governo do Estado e Prefeitura Municipal de João Pessoa, os efeitos da extração mineral que deu origem ao anfiteatro antropogênico onde se formou o aglomerado subnormal do Timbó (Figura 31).



**Figura 31** – Escavação por extração mineral que deu origem à comunidade Timbó, registrada por ortofotocartas 89/90 de 1978.

Fonte: Dantas (2003).

Após a extração mineral cessar na área, diversos trabalhadores que participavam dessas obras começaram a se instalar no local. Ainda conforme Dantas (2003), baseado em cartas topográficas e fotografias aéreas de 1985, essa comunidade se instalou delimitando-se ao sul e ao oeste por vertentes antropogênicas resultantes da extração mineral, as quais foram submetidas aos processos de erosão que causaram e ainda causam constantes deslizamentos, sendo ainda agravante o fato de que a população passou a retirar material da vertente para construção de suas casas, instabilizando ainda mais esse sistema geomorfológico antropogênico.

No extrato nº 4 da ortofotocarta de 1998, obtida pela Prefeitura Municipal de João Pessoa e pela Secretaria de Planejamento e Coordenação, vê-se a comunidade Timbó tal qual ela se apresenta atualmente (DANTAS, 2003) (Figura 32). Sua área continuou circunscrita à antiga área de extração mineral, contando com os mesmos riscos geológico-geomorfológicos do início de sua instalação.



**Figura 32** – Comunidade Timbó sobre a antiga área de extração mineral.  
 Fonte: Dantas (2003).

Em relação a tais áreas de risco localizadas nas vertentes de vales de rios com maiores declividades, onde ocorrem também os movimentos de massa induzidos, pois essas áreas já são tomadas pela urbanização, formando vertentes tecnogênicas, pode-se citar como exemplo o vale do rio Cuiá (Figura 33), que é acompanhado pela urbanização. Ao seu redor se encontram vários bairros de João Pessoa, como Mangabeira, José Américo, Cuiá, Grotão, Valentina, Planalto da Boa Esperança, Gramame, Paratibe e Costa do Sol (Figura 13). Dentre esses bairros, alguns expandiram seus limites com sua malha urbana avançando até próximo à margem do rio, tendo declividade de até 45%, conforme mapa de declividade (Figura 15). Esse é um dos principais motivos de ocorrência de erosão acelerada e movimentos de massa induzidos por ação de origem antropogênica em vales de rios.



**Figura 33** – Vale do rio Cuiá entre os bairros de José Américo e Mangabeira.  
 Fonte: Google Earth (2020). Acessado em 15 de dezembro de 2020.

Falando ainda acerca de formas de relevo e processos antropogênicos relacionados aos rios, em João Pessoa foram mapeadas as unidades de relevo resultantes das atividades de carcinicultura, bem como dois tipos de “lagoas” construídas por meio dos serviços relacionados à estação de tratamento de água (ETA) e à estação de tratamento de esgoto (ETE), esta última mapeada como lagoa de dejetos.

A carcinicultura é uma atividade de criação de camarão em cativeiro, em que se utiliza um sistema de viveiros escavados em solo natural ou lagos e lagoas vizinhos a rios e mares. Pode ser desenvolvida em água doce, salgada ou salobra. No município de João Pessoa, essa atividade é desenvolvida sobre a planície intermareal do rio Paraíba, entre o curso do rio Paraíba e o novo curso do rio Jaguaribe (Figura 34). Ela é realizada por meio da escavação da planície e estruturação dos tanques (viveiros), com uma área de cerca de 2 km<sup>2</sup> e perímetro de cerca de 7 km e, em média, 35 tanques construídos.

Segundo o World Bank (1998), a carcinicultura consiste em uma atividade com diversos possíveis impactos ambientais na região em que é realizada. Alguns destes impactos podem ser listados: degradação da fauna e da flora local, devido à supressão de vegetação; alterações na hidrodinâmica dos corpos hídricos no entorno, devido à captação e ao lançamento de água; salinização de aquíferos e de terras férteis, devido à infiltração de água salina ou salobra após o enchimento de viveiros; degradação do solo e da água pela disposição inadequada de resíduos sólidos gerados etc.



**Figura 34** – Área de carcinicultura vista a partir do bairro Alto do Céu – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020).

A lagoa tecnogênica (ETA) e a lagoa de dejetos são formas de escavação semelhantes aos viveiros construídos para a carcinicultura, pois se tratam, também, de tanques escavados no solo, porém para fins diferenciados, que são os serviços de decantação e tratamento de esgoto e água.



**Figura 35** – Lagoas tecnogênicas da estação de tratamento de água em Mangabeira – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

No mapa gerado, foram identificadas duas lagoas tecnogênicas em João Pessoa: uma relacionada ao tratamento de água, localizada no bairro de Mangabeira, próxima à planície do rio Cuiá, com área de 0,2 km<sup>2</sup> e perímetro de 2,3 km (Figura 35); e outra como lagoa de dejetos, localizada no bairro do Roger, onde era realizada a decantação de materiais drenados de fossas sépticas do município e região, de dimensão menor, com área de apenas 25 m<sup>2</sup> e perímetro de cerca de 800 m (Figura 36).



**Figura 36** – Lagoas de dejetos no Roger – João Pessoa.  
Foto: Tamires Barbosa (2020).

Tratando-se das formas resultantes da erosão costeira acelerada, ou seja, de origem antropogênica, pode-se apontar os seguintes dados: o litoral do município de João Pessoa possui 23,46 km de extensão, dos quais cerca de 2,57 km são compostos por falésias ativas em acentuado processo de erosão tanto por parte das ondas do mar como também pela pressão dos elementos urbanos construídos sobre os Tabuleiros Costeiros próximos a elas (Figura 37).

No total, contando a erosão das falésias ativas e a erosão de outras áreas litorâneas, cerca de 7 km de extensão do litoral do município de João Pessoa está em processo de erosão acelerada (Anexo A), que corresponde a aproximadamente 30% da faixa litorânea.

Para diferenciar os pontos de erosão costeira natural e antropogênica no litoral do município de João Pessoa, foram utilizados os indicadores geoambientais para a erosão costeira propostos por Souza e Suguio (2003). Com a aplicação de tais indicadores (quantitativos e/ou qualitativos), foi detectado que os processos erosivos na costa de João Pessoa têm origem tanto natural como antropogênica, sendo que na maior parte das praias urbanas há o predomínio da erosão costeira antropogênica.



**Figura 37** – Elementos urbanos construídos sobre os Tabuleiros Costeiros próximos à falésia de Cabo Branco (falésia ativa).

Fonte: Secretaria de Planejamento Urbano (2013).

Alguns dos principais indicadores de erosão costeira antropogênica encontrados nas praias do município de João Pessoa foram: diminuição da largura da praia devido a construções humanas na zona pós-praia; erosão de objetos artificiais da interface de encontro entre a praia e a zona urbanizada; destruição de vegetação nativa; exposição de camadas de aterros artificiais; presença de material artificial ou rochoso, como barreira entre as construções humanas e a zona de influência das marés, ou da pós-praia; e presença de armadilhas de sedimentos para impedir o déficit destes em áreas de erosão.

As principais áreas atingidas por erosão costeira no sentido de norte a sul foram: a zona sul da praia do Bessa, comprovada pela presença de molhes para impedir o déficit de sedimentos, além da erosão de objetos artificiais; praia de Manaíra, onde já foram construídas diversas obras de contenção e reparo ao muro que separa a zona de praia e a zona urbanizada; zona sul de Cabo Branco, que, como citado acima, possui um conjunto de falésias ativas em processo de erosão; Seixas, que conta com indicadores como exposição de camadas de aterros artificiais e erosão de objetos artificiais da interface de encontro entre a praia e a zona urbanizada (Figura 38); e Jacarapé, que conta com a erosão costeira natural sobre as falésias ativas, tendo destruição da vegetação nativa que recobria as vertentes das falésias.



**Figura 38** – Erosão costeira na praia do Seixas com a presença de objetos artificiais destruídos e exposição de camadas de aterros.

Foto: Tamires Barbosa (2016).

As alterações realizadas por atividades antropogênicas em zonas de praia têm respostas rápidas e podem remodelar toda a área adjacente ao local onde ocorre essa mudança. Quando foram analisadas as formas de relevo antropogênicas do terreno produzido, foi identificada a problemática em relação à construção do Hotel Tambaú e sua consequente progradação praias na praia de Tambaú. Porém, a construção do hotel também influenciou diretamente no aumento da erosão costeira da praia de Manaíra, que se localiza ao norte do hotel, tendo em vista que os sedimentos que seriam transportados pela corrente de deriva litorânea em direção sul-norte, devido à incidência dos ventos alísios de sudeste, principalmente do quadrante 160°, foram barrados pelo hotel e não chegam até a praia de Manaíra com eficiência. Quando essa corrente intercepta o Hotel Tambaú, provoca a deposição de sedimentos no setor sul do hotel, na praia de Tambaú. Havendo a deposição sedimentar no setor norte da praia de Tambaú, por conseguinte, ocorrerá um déficit sedimentar após o hotel, no setor sul da praia de Manaíra (Figura 39).



**Figura 39** – Hotel Tambaú, com a praia de Tambaú ao sul em progradação e a praia de Manaíra ao norte em processo de erosão costeira.

Fonte: Elaboração própria (2020), dados de Digital Globe (2020).

Quando há forte interferência urbana sobre os terraços e planícies marinhas, como, por exemplo, por meio de construções e pavimentação, há também a intensificação do processo de erosão sobre as praias, pois os locais pavimentados não fornecem mais sedimentos para as praias e para a corrente de deriva litorânea, causando um déficit sedimentar.

Para concluir a análise dos tipos e unidades de formas de relevo antropogênicas do Terreno Escavado no município de João Pessoa, alguns processos e formas relacionados à atividade de mineração foram identificados. Não seria necessário formular grandes explicações para demonstrar a estreita relação da mineração com a geomorfologia antropogênica.

A mineração, conforme cita Dávid (2010), origina formas tecnogênicas degradacionais, no ato da escavação da mina, quando se remove o material geológico, formando superfícies de escavação. Porém, também origina formas agradacionais, por meio dos depósitos tecnogênicos formados pelos rejeitos dos materiais retirados da mina. Além das formas agradacionais e degradacionais, podem ser geradas formas niveladas, resultantes da destruição de formas anteriormente postas e agora aplainadas, formando um terreno tecnogênico modificado.

Assim, foram mapeadas unidades de relevo relacionadas a áreas de arenização onde ocorrem extração de areia, mineração de argila e calcário e pontos específicos de escavação superficial, que são pontos onde ocorrem retirada de material mais superficial, geralmente solo,

principalmente em momentos de preparação para construção de elementos urbanos. A arenização em João Pessoa se concentra basicamente em dois pontos do setor oeste, nas proximidades dos rios Marés e Mumbaba, zona rural do município, correspondendo aos bairros de Mumbaba e Mussuré, o primeiro limitado com o município de Santa Rita e o segundo com o município do Conde (Figura 40).



**Figura 40** – Área de extração de areia na divisa do município de João Pessoa com o Conde. Foto de: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

A arenização em si tem origem em processos naturais. Conforme Suertegaray (1994), os areais são sobretudo depósitos areníticos (arenosos) inconsolidados, desprovidos de vegetação e retrabalhados sob os processos característicos do clima atual.

A formação das áreas de arenização no município de João Pessoa é possível devido ao tipo de formação geológica presente no local (formação sedimentar quartzosa), ao relevo tabular da área e aos altos índices de chuva. Através da infiltração da água na superfície plana do relevo, os minerais menos resistentes da Formação Barreiras se solubilizam, deixando na superfície somente os mais resistentes, como é o caso do quartzo. Apesar de terem origem natural, esses terrenos que sofrem arenização têm passado por amplas modificações de cunho antropogênico mediante a atividade de extração de areia. Dessa forma, há alteração geomorfológica no terreno.

No que concerne à exploração mineral de argila e calcário no município de João Pessoa, foram identificadas três minas de calcário inativas, localizadas nos bairros do Roger, Mandacaru (Figura 41) e Ilha do Bispo, e duas minas ativas também na Ilha do Bispo, sendo uma de calcário e outra de argila, ambas exploradas pela empresa Cimpor.



**Figura 41** – Mina de calcário no bairro de Mandacaru, João Pessoa. Vista do topo do tabuleiro.  
Foto: Tamires Barbosa (2016).

A ocorrência das minas de calcário, sendo inativas ou ativas, é possível por conta do arcabouço geológico da área, que permite, por meio do afloramento e disponibilização de tais materiais rochosos a poucos metros de profundidade, o acesso às rochas das Formações Gramame e Maria Farinha. Já a exploração de argila é possível por conta dos sedimentos da Formação Barreiras, que, em muitos pontos, possuem lentes expressivas de argila e afloram em grande extensão no município.

Em relação ao tamanho das áreas de mineração do município, observa-se que a empresa Cimpor explora uma área de 0,59 km<sup>2</sup> na extração de calcário e 0,51 km<sup>2</sup> na extração de argila. As minas inativas de Mandacaru e Róger contam com uma área de aproximadamente 0,16 km<sup>2</sup>. No total, o município de João Pessoa conta com 1,26 km<sup>2</sup> de sua área relacionada à mineração de calcário e argila.

## 5.2 MUNICÍPIO DE CABEDELLO

### 5.2.1 Evolução urbana e sua geomorfologia

O início da ocupação de onde depois seria o povoado de Cabedello data do fim do século XVI, final de 1585, pertencendo ao território de João Pessoa. Seu nome foi dado em homenagem às dunas de areia fina e alva que se formam sobre as suas praias. Foi colonizado por Martim Leitão, sendo o segundo núcleo de colonização do estado.

Acompanhando a lógica da colonização portuguesa, o intuito da ocupação desta área era, basicamente: (a) criar núcleos de povoados próximos a margens de rios de bom calado, no sentido de facilitar o trânsito portuário; (b) edificar fortalezas em áreas de boa visada, na tentativa de conter a invasão de povos de outras nações; (c) fazer roçados, lavouras e engenhos de açúcar, nas áreas mais propícias para a atividade em vista; assim como (d) edificar igrejas nos núcleos de povoamento e, posteriormente, nas cidades, objetivando a diligência do “crescimento da santa fé”, aqui entendida como a catequização dos índios para servir de mão de obra e a reafirmação dos portugueses ao projeto catolicista (LAVOR, 2016).

Segundo dados do IBGE, data dos fins do século XVI a construção do Forte Velho e da Fortaleza de Santa Catarina, que, na época dos assédios dos piratas franceses e da invasão holandesa, serviram de palco a tremendos combates. Arrasada diversas vezes, foi a fortaleza outras tantas reconstruída.

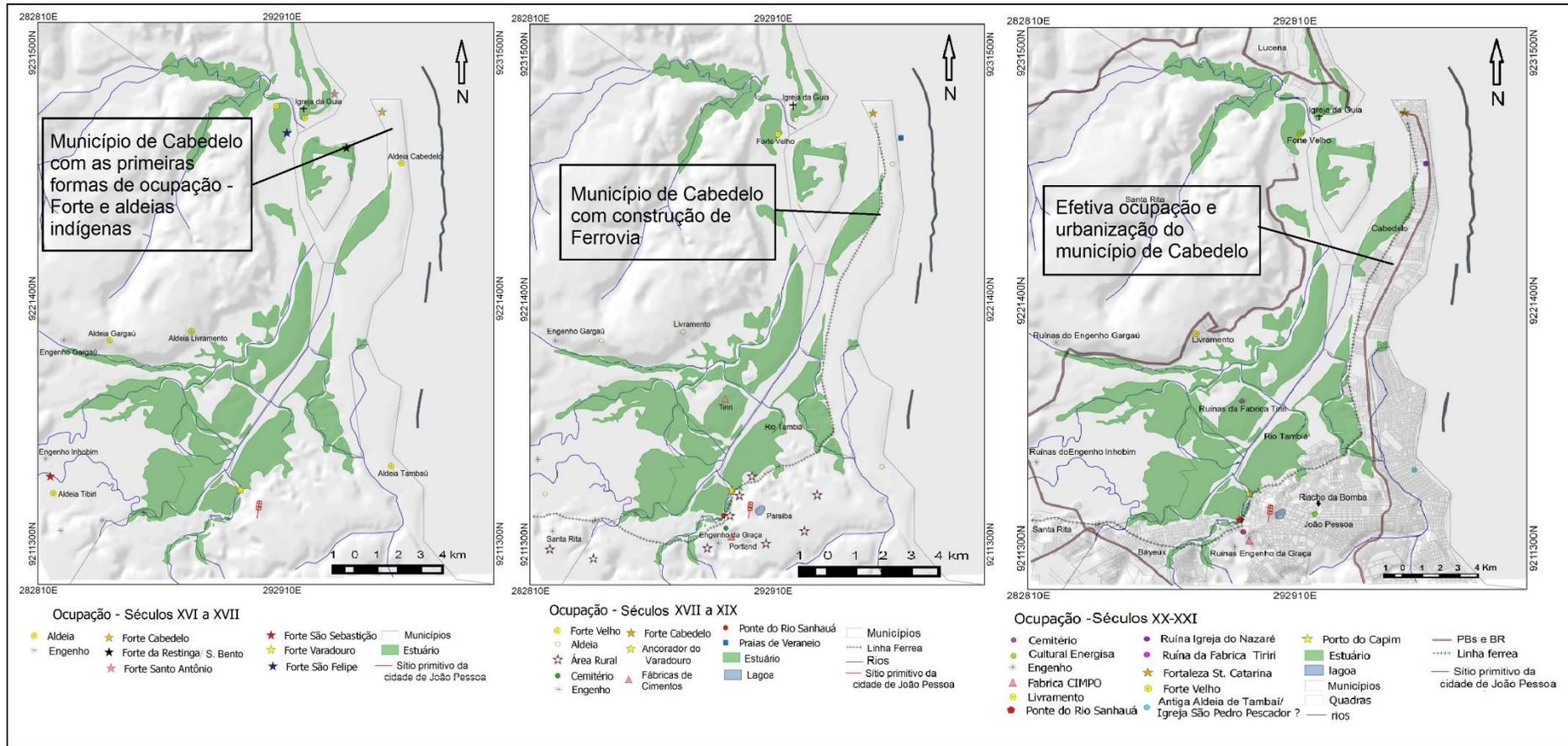
Após a finalização da construção do forte em Cabedelo (4 de novembro de 1585), iniciou-se a expansão do povoamento. Para a instalação dos engenhos e plantações de cana-de-açúcar, escolheram a planície fluvial do rio Paraíba do Norte, enquanto a cidade (João Pessoa) foi construída sobre os tabuleiros que margeavam a planície do rio Sanhauá (LAVOR, 2016).

Durante os séculos XVI e XVII, os terraços e planícies de Cabedelo ainda não eram bem ocupados, a sua ocupação não passava de apenas postos de observações militares e de aldeamentos indígenas liderados pelas ordens religiosas. No século XVII, com a chegada da ordem religiosa dos Carmelitas à Paraíba, iniciou-se a ocupação ao noroeste da barra do Cabedelo (ALMEIDA, 1978).

Em 1631 e 1634, edificaram-se mais dois fortes na barra do Cabedelo, devido aos ataques dos holandeses à província: o forte Santo Antônio (1631), construído ao norte da barra; e o forte São Bento (1634), edificado na ponta esquerda da ilha da Restinga, em frente à desembocadura (PINTO, 1977). Esteve a Paraíba sob domínio dos holandeses de 1634 a 1654, porém, não foi um período de grandes mudanças em relação ao avanço na ocupação do território e a efetivação da urbanização em Cabedelo.

Os séculos XVIII e XIX seguiram com crescimento lento na região do município de Cabedelo. Nos fins do século XIX, em 1886, foi construído um dos trechos da estrada de ferro, ligando o porto de Cabedelo à capital do Estado. Essa ligação abriu efetivamente as portas para uma maior ocupação da área de Cabedelo, estreitando sua relação com João Pessoa.

Já no século XX, conforme apontam Dieb *et al.* (2003), nos anos de 1930, houve a inauguração do porto e foi consolidada a ocupação da orla na região norte do município, com a implantação de infraestrutura portuária e habitações para seus funcionários na praia de Ponta de Matos (FALCÃO *et al.*, 2005) e a abertura da rodovia BR 230, intensificando a expansão urbana de João Pessoa em direção ao litoral norte (Figura 42).



**Figura 42** – Evolução da ocupação e urbanização do município de Cabedelo do século XVI ao século XXI.  
 Fonte: Modificado de Lavor (2016).

Além da ocupação militar, por meio dos fortes, da ocupação religiosa, mediante as ações de catequese, e das ocupações comerciais/industriais em virtude do porto, as margens fluviais e costeiras do município de Cabedelo foram mais recentemente ocupadas com a prática das atividades pesqueiras. A partir da década de 1970, algumas vilas foram construídas, como, por exemplo, a Vila dos Pescadores, na praia de Jacaré, em 1979, e estas se expandiram ao longo dos anos de 1980. Na década de 1990, os conjuntos habitacionais foram amplamente difundidos (DIEB *et al.*, 2003).

Apesar de iniciar sua trajetória histórica como território anexo ao de João Pessoa, posteriormente algumas leis e decisões em âmbito estadual foram sancionadas e Cabedelo foi galgando hierarquias urbanas diferenciadas, progredindo e regredindo temporalmente na sua condição de agregado ou não ao município de João Pessoa. Tais leis foram:

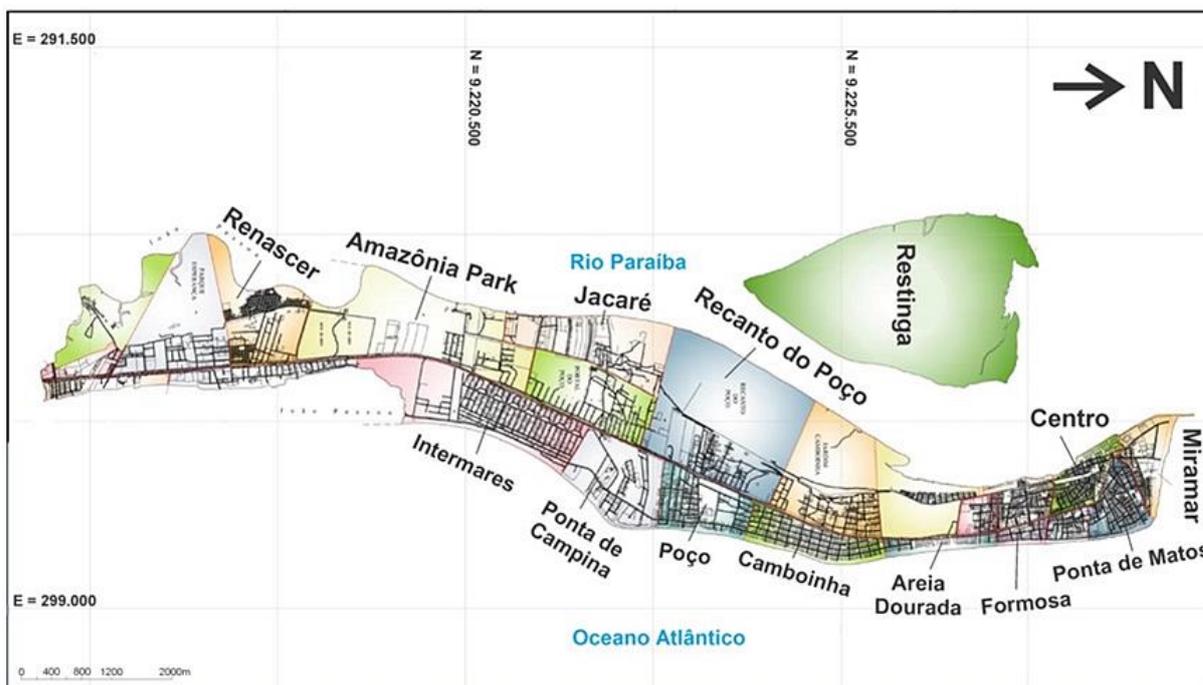
- a) Lei estadual nº 283, de 17 de março de 1908: concede autonomia, ficando o povoado elevado à condição de vila;
- b) Lei estadual nº 676, de 20 de novembro de 1928: perde os foros de vila e município, voltando a anexar seu território ao município de João Pessoa;
- c) Divisão administrativa de 1933: é considerado distrito do município de João Pessoa;
- d) Lei estadual nº 1.631, de 12 de dezembro de 1956: Cabedelo atingiu a categoria de município, desmembrando-se da capital.

Tratando da parte geomorfológica do sítio urbano de Cabedelo, diferentemente da maior parte das cidades litorâneas da Paraíba, que são estruturadas sobre os Tabuleiros Costeiros, a cidade de Cabedelo foi construída sobre cordões litorâneos, não sendo cortada por qualquer canal fluvial, mas localizada às margens do estuário do rio Paraíba e do oceano Atlântico. É caracterizado por ter substrato geológico composto basicamente por Depósitos Quaternários não consolidados, e as formas de relevo consistem predominantemente em terraços e planícies interdiais e marinhas, que são atualmente intensamente ocupadas e urbanizadas.

Hoje, o espaço urbano do município de Cabedelo encontra-se subdividido em 24 bairros (Figura 43), cujo uso e ocupação do solo estão diretamente atrelados às peculiaridades físico-ambientais predominantes sobre as quais ocorrem processos antropogeomorfológicos distintos.

A concentração urbana se dá predominantemente em bairros mais próximos à orla, sendo também estes bairros mais densamente povoados, apresentando, desta forma, grandes influências nos processos geomorfológicos locais, especialmente aqueles referentes à geomorfologia costeira. A ilha da Restinga, que faz parte do município de Cabedelo, não apresenta urbanização efetiva. As regiões das planícies interdiais do Rio Paraíba são menos

urbanizadas, exceto nos bairros de Renascer, na praia de Jacaré e nas proximidades do Porto e Forte Santa Catarina, onde se encontram ocupações que avançam até a margem do rio.



**Figura 43** – Mapa de bairros do município de Cabedelo.  
Fonte: Cabedelo (2020).

Dentre as principais atividades antrópicas modificadoras do relevo, apresentam-se na área: extrativismo mineral e animal (coleta de mariscos e descarte das carapaças); aterros na planície intertidal e costeira; além das construções em áreas de mangue e planície do rio, visando à exploração e expansão de áreas residenciais e comerciais.

### 5.2.2 Mapeamento geomorfológico – 1º ao 4º táxon

Para a realização do mapeamento geomorfológico do município de Cabedelo, foram definidos os três primeiros níveis taxonômicos do mapeamento do Ross (1992), para que houvesse melhor compreensão do contexto geomorfológico sobre o qual estão disponíveis as formas de relevo antropogênicas.

Pode-se explicar que o 1º táxon no município de Cabedelo abarca a unidade geológica morfoestrutura, definida como os Depósitos Quaternários Inconsolidados, que correspondem à única unidade geológica presente na área do município (Anexo A).

O 2º táxon, composto por unidades morfoesculturais, compreende, na área de estudo, à Baixada Litorânea. Os 3º e 4º táxons correspondem, respectivamente, aos padrões de formas de

relevo e aos tipos de formas de relevo, que geralmente são analisados conjuntamente. Mas, para a realidade geomorfológica de Cabedelo, não será analisado o 4º táxon, onde seriam calculados os índices de dissecação do relevo, pois se trata de uma área de terraços e planícies, portanto, para Cabedelo, a análise somente até o 3º táxon de Ross (1992) é suficiente.

Sobre as morfoesculturas observam-se dois principais padrões de formas de relevo, que são o 3º táxon, compostos por formas deposicionais ou de acumulação, que são descritas como:

**a) Atpm – Formas de Acumulação em Terraços e Planícies Marinhas:** os terraços são compostos pelas antigas planícies marinhas que atualmente não sofrem mais inundação. As planícies marinhas são as áreas de praia que ainda sofrem inundação das águas marinhas, até aonde a maré pode avançar, e se dispõem em toda a faixa de praia. Os terraços e planícies marinhas ocupam uma área com 23,31 km².

**b) Api – Formas de Acumulação em Planícies Intermareais:** são as áreas constantemente inundadas em períodos de maré alta, abrangendo 8,74 km² da área.

O 5º táxon também não foi discriminado no mapa devido às configurações geomorfológicas específicas da área, por serem formas de relevo aplainadas, com baixas cotas de altimetria e baixas declividades. Esse táxon é mapeado em áreas com relevo dissecado, como planaltos, cadeias montanhosas etc.

### 5.2.3 Mapeamento geomorfológico – 6º táxon

Foi utilizada para mapeamento dessas formas, assim como no município de João Pessoa, a divisão hierárquica correspondente àquela difundida por Ford *et al.* (2010), que divide as formas antropogênicas em Classes, Tipos e Unidades de relevo antropogênico, sendo as Classes relativas aos terrenos tecnogênicos, os Tipos relacionados aos grandes conjuntos de formas de relevo antropogênicas e a Unidade correspondente à forma individual.

As classes definidas para o município de Cabedelo foram quatro: Terreno Complexo, Terreno Produzido, Terreno Preenchido e Terreno Escavado. Em relação aos tipos de formas dentro desses terrenos, foi identificada no Terreno Complexo toda a área urbanizada do município, servindo essa classe de pano de fundo para os demais tipos e unidades de formas antropogênicas dos outros três terrenos tecnogênicos.

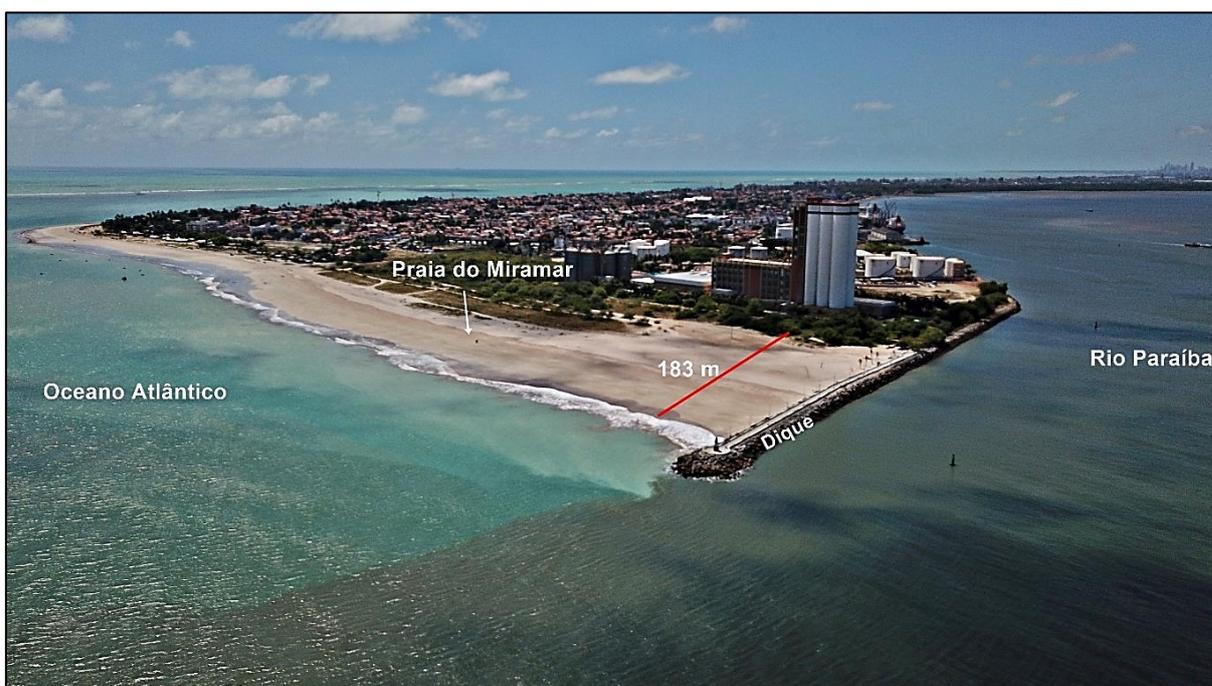
Os tipos de formas antropogênicas presentes no Terreno Produzido no município de Cabedelo foram: depósitos tecnogênicos, aterros e planície tecnogênica, os quais foram divididos em unidades de relevo, que são as formas mais pontuais, com maior nível de detalhes, as quais serão descritas minuciosamente a seguir.

Os depósitos tecnogênicos foram divididos nas seguintes unidades específicas: praia em progradação, depósito lítico, depósitos resultantes de atividades extrativistas, depósito úrbico e depósito de *petcoke*.

A praia em progradação consiste no acúmulo de sedimentos praias em virtude de processos relacionados à dinâmica costeira, de origem natural ou resultado da influência direta ou indireta da atividade humana. Como o interesse desta pesquisa é a análise das formas afetadas diretamente pela ação antropogênica, identificou-se no mapa uma área de progradação praias antropogênica no extremo norte do município de Cabedelo, na praia do Miramar.

O processo de progradação praias presente na praia do Miramar (Anexo A) tem ligação direta com uma obra de engenharia construída na desembocadura do rio Paraíba, o dique que foi ali construído justamente para servir de barreira para impedir que essa desembocadura receba uma quantidade maior de sedimentos e assoreie o canal de entrada do Porto.

Modificando os processos naturais da área, o dique interferiu significativamente na dinâmica costeira local, aumentando o aporte de sedimentos na praia de Miramar, a qual se configura face de praia mais larga do que a observada em outras praias do município, em típico processo de progradação da linha de costa devido à interferência antrópica.

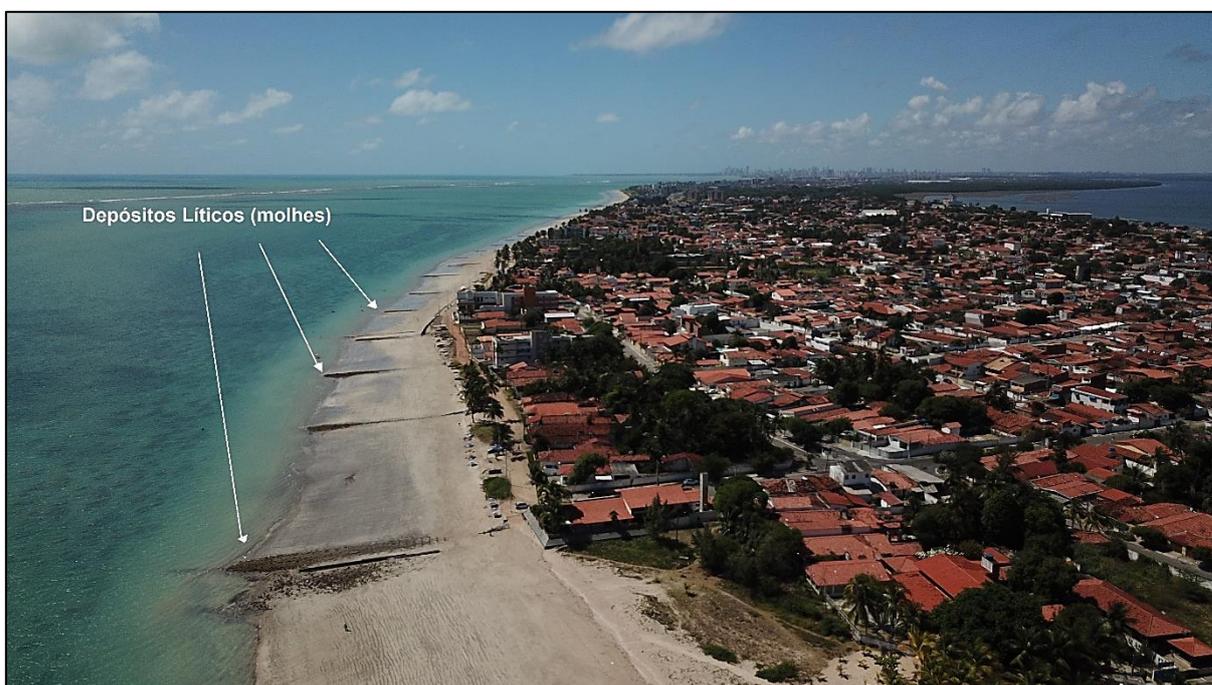


**Figura 44** – Progradação praias na praia do Miramar, Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Em Miramar pôde-se medir a largura da faixa de areia da praia nas proximidades do dique e do moinho, onde se obteve a largura de 183 m (Figura 44). A título de comparação, na

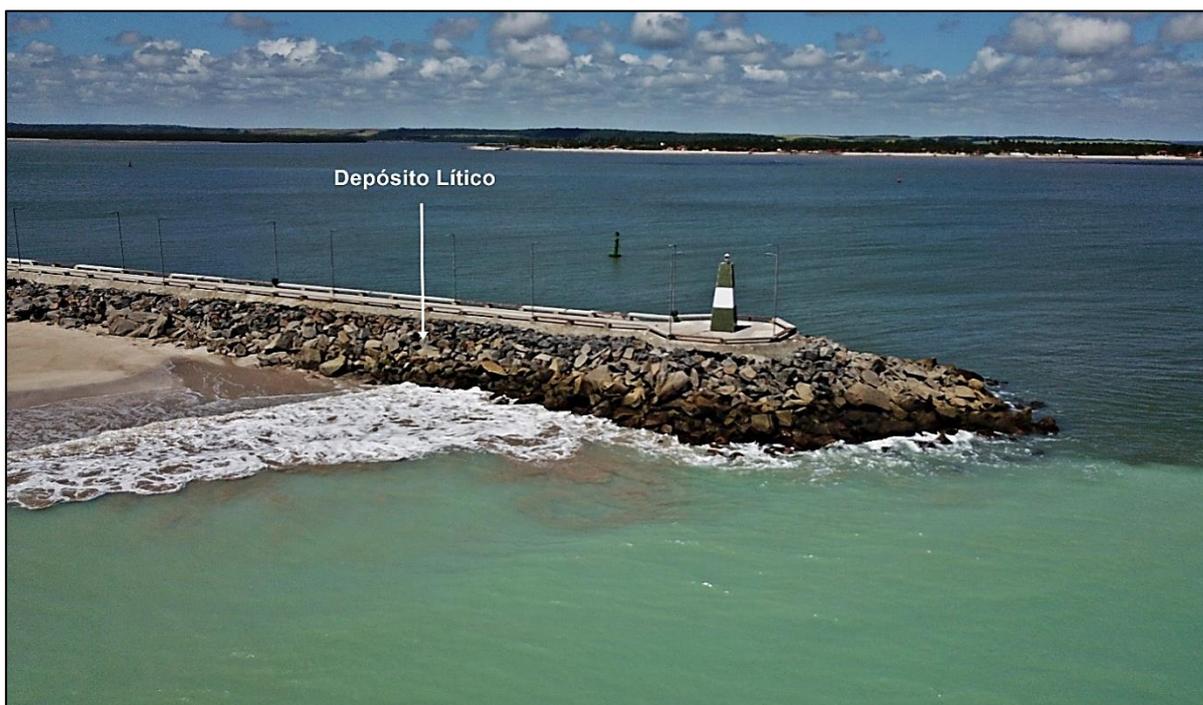
mesma data da medição da faixa de areia da praia do Miramar, foi feita uma medição em outra praia da costa do município de Cabedelo, na praia de Intermares, onde a largura alcançou, no ponto mais largo, 62 m. Ressalta-se que no ponto medido não há sinais de que a praia passa por processos erosivos. Assim, nota-se a grande influência antropogênica sobre a faixa costeira, que provoca grandes mudanças morfológicas.

Ainda no tocante às formas antropogênicas na área costeira, foram identificados os depósitos líticos, que são aqueles formados por material rochoso, quase sempre de origem não local. Não são exclusivos da área costeira, mas são presentes principalmente em áreas costeiras em erosão, utilizados como barreiras para diminuir o impacto da erosão marinha sobre a costa, na maioria das vezes são rochas cristalinas, que têm maior resistência ao atrito físico da água e menor solubilidade (Figura 45).



**Figura 45** – Depósitos líticos – molhes para conter erosão, Praia de Ponta de Matos – Cabedelo.  
Fonte: Elaboração própria (2020).

No município de Cabedelo, os depósitos líticos identificados estão na zona de costa para diminuir o impacto da erosão costeira. Alguns são instalados em formato de muros de contenção, compostos geralmente por rochas graníticas e gnáissicas, que são mais resistentes à erosão que as rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados, para proteção de elementos urbanos ou das unidades geológicas e geomorfológicas presentes na praia. Outros são instalados na praia como molhes (Figura 45), que funcionam para reter sedimentos em certo ponto da faixa de areia da praia. Desta forma, o próprio dique localizado na praia do Miramar se configura em um depósito lítico (Figura 46).



**Figura 46** – Depósitos líticos – dique na Praia do Miramar – Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Concluindo a análise das planícies costeiras e iniciando a das planícies interdiais que margeiam o rio Paraíba, especificamente no bairro do Renascer mais um tipo de depósito tecnogênico foi identificado, resultante de atividades extrativistas (Figura 47).



**Figura 47** – Depósitos tecnogênicos decorrentes de atividades de extrativismo nas margens do rio Paraíba no bairro do Renascer, Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2017).

No bairro do Renascer são desenvolvidas atividades de extrativismo animal utilizando-se da proximidade do rio Paraíba. Essa facilidade é decorrente de parte do próprio bairro estar sobre a planície do rio. A atividade realizada, ao longo do tempo, gera depósitos diferenciados, constituídos por restos de conchas e carapaças de animais fluviomarinhas formadas por carbonato de cálcio (Figura 47).

Os depósitos tecnogênicos do Renascer provêm de atividades econômicas de extrativismo e não há qualquer classificação de tipos de depósitos antropogênicos publicados na literatura que abranja esse tipo de depósito. Sendo assim, cabe uma nova classificação para englobar esse depósito presente no bairro do Renascer, a cuja denominação se atribui o termo de origem, ou seja, “depósitos provenientes de atividades extrativistas”.

Neste caso, a atividade extrativista pode alterar a morfologia da área submetida à exploração de determinado recurso natural sem a devida preocupação com manutenção das feições e dinâmica natural do espaço submetido à exploração, podendo provocar impactos diretos, como o assoreamento de rios e alteração de suas margens, alteração no perfil dos solos etc.

Avançando em direção aos cordões litorâneos que formam os terraços de Cabedelo ainda no bairro do Renascer e no Centro, há uma intensa atividade antropogênica de aterramento da área utilizando materiais úrbicos. Mesmo sendo um ambiente de morfologia plana, a medida visa a estabilizar o terreno, criando um ambiente mais propício à implantação de prédios residenciais, galpões comerciais, arruamentos etc. Os depósitos úrbicos nessa área chegam a atingir camadas verticais com mais de 2 m (Figura 48).

Os depósitos tecnogênicos úrbicos são importantes tanto para a Geomorfologia, pois está sendo modificada a forma, topografia e altitude da superfície do relevo, como também para a Geologia, pois em longo prazo esses depósitos serão incorporados às formações geológicas mais superficiais da área, em decorrência da quantidade de material de origem antrópica depositado.

Dessa forma, gera-se nesse local um terreno tecnogênico produzido por meio de aterro de materiais úrbicos. Os aterros úrbicos nessa área podem interferir nos sistemas de infiltração e escoamento de águas pluviais, e na carga de sedimentos que estão sendo transportados para o rio Paraíba.



**Figura 48** – Depósitos tecnogênicos urbanos no bairro do Renascer, Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2017).

Para finalizar em relação aos depósitos tecnogênicos no município de Cabedelo, no bairro Recanto do Poço encontra-se o depósito de *petcoke*, em uma área de cerca de 40 m<sup>2</sup>. Os depósitos de *petcoke* considerados neste mapeamento são os locais de armazenamento do produto (Figura 49).



**Figura 49** – Depósitos tecnogênicos de *petcoke*, Recanto do Poço – Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Os depósitos de *petcoke* localizados no município de Cabedelo são armazenados a céu aberto, e sua localização fica em área urbana, bem próximo às moradias da comunidade do Recanto do Poço e na planície do rio Paraíba. Quanto aos controles de resíduos no ar e no solo, não foi possível detectar as políticas da empresa, visto que não houve acesso a ela.

Ainda nos Terrenos Produzidos no município de Cabedelo, encontram-se os aterros. Os principais aterros identificados na área foram os de rodovias e avenidas e para as ferrovias. Sabe-se que o município tem sua área inteiramente disposta sobre planícies e terraços marinhos, sobre os quais perpassam avenidas, rodovias e ruas, em geral. Na maioria das vezes que um arreamento está sobre planícies, é necessário a implantação de um aterro. Assim sendo, os aterros para rodovia nesse município são comuns, assim como os de ferrovia (Figura 50).



**Figura 50** – Aterros para ferrovia e rodovia – Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2020).

Finalizando os tipos de formas de relevo antropogênicas do Terreno Produzido em Cabedelo, foi mapeada a planície tecnogênica. No mapa gerado (Anexo A) pode-se encontrar essa planície margeando toda a costa direita do rio Paraíba nos limites do município de Cabedelo. A planície foi intensamente ocupada, urbanizada e remodelada ao longo do tempo, em função de atividades econômicas, turísticas e da necessidade de moradia da população.

A modificação da planície intermareal do rio Paraíba, na área desse município, foi dada inicialmente pela construção do porto, onde se efetuou uma dragagem para aprofundamento do canal. Posteriormente, as comunidades ribeirinhas que se instalaram na planície intertidal

utilizaram do ambiente de mangue para desenvolver atividades econômicas e de sobrevivência no local. Assim, as suas relações sociais e econômicas estão intrinsecamente ligadas à geomorfologia e demais características ambientais da área.

Dois grandes exemplos da utilização e transformação dessa planície é a praia fluvial de Jacaré, que na verdade é parte do estuário do rio Paraíba; e o bairro do Renascer, onde a ocupação da planície chega até a margem do rio com casas construídas pela comunidade ribeirinha e desenvolvimento de atividades de extrativismo animal na região de mangue.

No bairro de Jacaré, o que potencializa as transformações e alterações da planície intertidal do rio Paraíba são as atividades turísticas e culturais (Figura 51). Foram construídas áreas de lazer sobre a planície, bem como trapiches para saída de pequenas embarcações.



**Figura 51** – Área de lazer sobre a planície intertidal do rio Paraíba no bairro de Jacaré.

Foto: Tamires Barbosa (2017).

A planície, nesse trecho, está completamente descaracterizada de seus aspectos naturais, assim como em seus processos geomorfológicos. Os sedimentos finos que compunham a planície foram, em grande parte, substituídos por gabiões de granito (Figura 52), mudando o aporte de sedimentos, erosão e deposição nessa área do rio.



**Figura 52** – Gabiões de granito descaracterizando completamente a planície intertidal no bairro de Jacaré.  
Foto: Tamires Barbosa (2017).

Tratando agora do Terreno Preenchido, o tipo de forma encontrada em Cabedelo foi um depósito tecnogênico caracterizado por recobrir uma antiga área de extração de areia, sendo, então, uma mina preenchida (Figura 53).



**Figura 53** – Minas de extração de areia inativas em Cabedelo.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Essa mina localizada no bairro de Jacaré foi utilizada para extração de areia até que a escavação encontrou o lençol freático e impossibilitou a continuidade da atividade. A mina, atualmente preenchida por sedimentos, compõe a paisagem do conhecido conjunto das lagoas de Jacaré (Figura 53), as quais também passaram pelos mesmos processos de origem (a extração de areia), mas não foram preenchidas por sedimentos, fazendo parte, portanto, do Terreno Escavado que será analisado adiante.

Como mostra a Figura 53, a mina inativa que se encontra na parte superior da foto está passando por um processo de dragagem e preenchimento da parte sul. Ao lado direito da foto, é possível ver tratores e maquinários trabalhando na área, que atualmente passa por um processo de expansão da construção de galpões para atividades industriais, sendo possível que o destino da mina preenchida seja este.

Entretanto, alerta-se que a construção nessa área, mesmo aterrada, é de forte risco geológico-geomorfológico, uma vez que os terrenos compostos por depósitos tecnogênicos configuram ambientes de forte suscetibilidade a acomodações dos materiais depositados (MACHADO, 2013).

No tocante ao Terreno Escavado, do qual as formas de mineração e extração de areia também fazem parte, foram mapeados em Cabedelo, também, as formas escavadas fluviais relacionadas a carcinicultura, as formas de escavação superficiais e a erosão costeira, com base nos índices geoambientais para erosão costeira.

As minas de extração de areia compõem extensas formas erosivas denudacionais de origem antropogênica, que, por atingirem o lençol freático, atualmente formam lagoas com dimensões de até 470 m de extensão. Essa área de mineração inativa em Jacaré possui, no total, 0,36 km<sup>2</sup> e perímetro de 2,8 km. Por meio dessa atividade, os terraços marinhos nesse setor foram substancialmente modificados, e mesmo após se cessarem as extrações ainda permaneceram tais mudanças e formas erosivas de grandes dimensões. Isso ocorre comumente em áreas de mineração, e geralmente devem ser elaborados planos de recuperação dessas áreas e reparo pelos danos ambientais causados pela exploração do recurso.

A carcinicultura, semelhantemente como ocorre em João Pessoa, é uma forma de escavação sobre a qual são construídos tanques para a criação de camarão em cativeiro. A escavação para essa atividade foi feita na planície intermareal do rio Paraíba, assim como em João Pessoa, contando com uma área menor, de 100 m<sup>2</sup> e perímetro de cerca de 2 km (Figura 54).



**Figura 54** – Taques de carcinicultura em Cabedelo.  
 Fonte: Google Earth (2020).

As formas de escavação superficiais são comumente encontradas, principalmente em áreas de construção onde os elementos urbanos e a macha urbana se expandem. Podem ser de pequenas ou grandes dimensões, rasas ou profundas. Caracterizam-se por conterem material superficial escavado para utilização em outro local, e também podem ser caracterizadas como áreas de empréstimo de material sedimentar (Figura 55).



**Figura 55** – Área de empréstimo de sedimentos em Cabedelo.  
 Foto: Tamires Barbosa (2020).

No caso das praias do município de Cabedelo, buscou-se averiguar a condição atual da orla no que tange aos problemas comuns às zonas litorâneas, entre os quais se elencam: degradação da vegetação autóctone e ocupação irregular por infraestruturas de procedência civil (casas, bares, obras de contenção). Neste caso, tais características estão diretamente atreladas ao surgimento de ambientes que apresentam zonas de vulnerabilidade ambiental e danos provocados pela erosão costeira.

No que se refere à erosão costeira na área, pôde-se identificar em muitas áreas da costa a aceleração do processo provocado pelo avanço de construções antrópicas à beira mar. As áreas mais afetadas pela erosão costeira antropogênica são as que apresentam construções na faixa de praia, como na praia do Poço.

A erosão costeira em Cabedelo pode ser aferida mediante os indicadores geoambientais para erosão costeira, que podem indicar se a origem e/ou intensificação da erosão corrente é natural ou antropogênica.

Os principais indicadores de erosão costeira que foram encontrados nas praias desse município foram: erosão de depósitos marinhos que bordejam a praia; destruição de vegetação nativa; presença de raízes expostas, troncos soterrados etc.; destruição de estruturas artificiais construídas sobre a zona de praia emersa, como, por exemplo, calçadas, avenidas, estabelecimentos residenciais ou comerciais, entre outros; diminuição da largura da praia devido a construções humanas na zona pós-praia; e presença de material rochoso, como barreira entre as construções humanas e a zona de influência das marés.

A planície marinha de Cabedelo bordeja os terraços marinhos sobre os quais ocorre exponencial expansão urbana. Ao todo são sete praias que apresentam formas de uso e ocupação distintas, e por isso se observam respostas da dinâmica natural diretamente proporcional a essas características, que revelam, numa mesma região, praias com feições longitudinais estáveis e outras não.

A planície marinha nas praias observadas é relativamente estreita, com exceção das praias de Intermares e Miramar. Já nas praias de Ponta de Matos, Camboinha, Poço e Ponta de Campina, constataram-se trechos com fortes impactos provocados por erosão costeira, sobretudo durante os eventos de marés de sizígia, atrelados às intervenções antropogênicas (Figura 56). Medindo as faixas das praias citadas, obteve-se a largura média delas: 36 m em Ponta de Matos, 39 m em Camboinha, 32 m no Poço e 40 m em Ponta de Campina.



**Figura 56** – a) Praia de Ponta Matos; b) Praia de Camboinha; c) Praia do Poço; d) Praia de Ponta de Campina. Foto: Tamires Barbosa (2017).

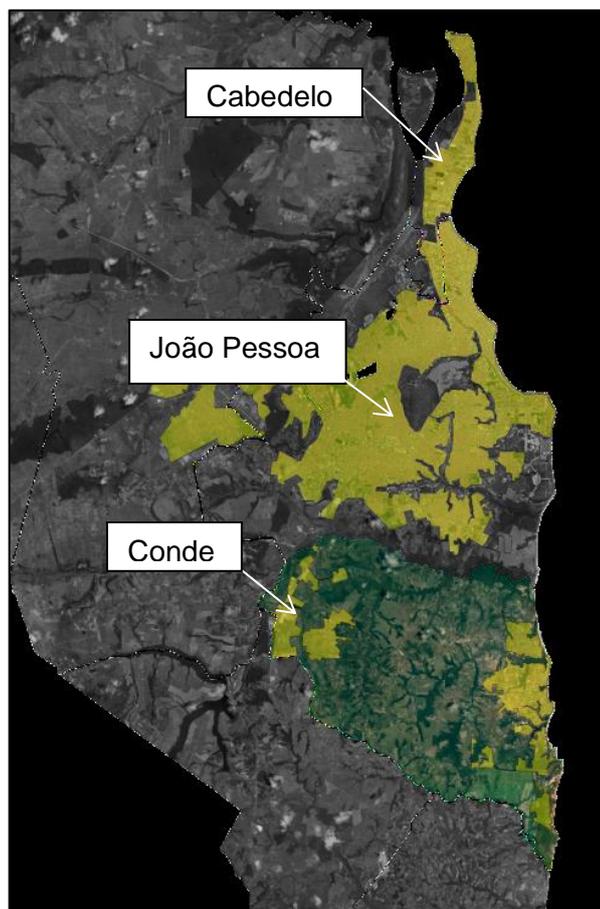
### 5.3 MUNICÍPIO DO CONDE

#### 5.3.1 Evolução urbana e sua geomorfologia

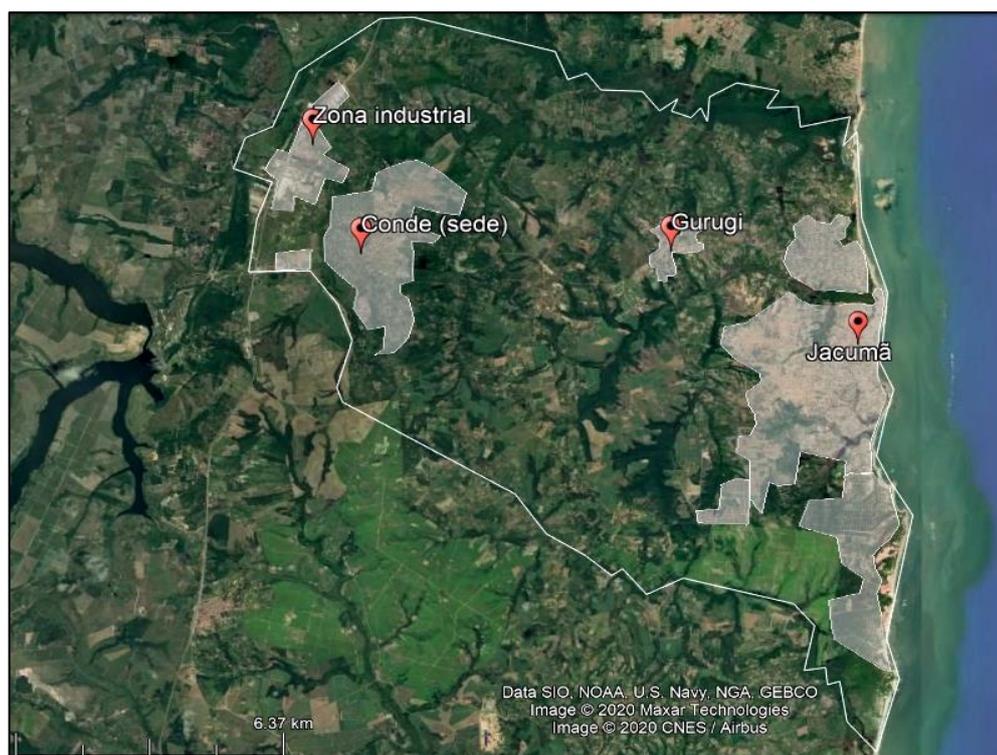
Dos três municípios estudados neste trabalho, o Conde é o que apresenta o menor grau de urbanização (Figura 57) e também a mais recente, sendo criado e instalado, segundo o IBGE, no ano de 1963. Isso o difere de João Pessoa e Cabedelo, pois estes tiveram sua ocupação iniciada ainda no século XVI, ditados, primordialmente, pela lógica da colonização.

Elevado à categoria de município com a denominação de Conde, pela Lei estadual n.º 3.107, de 18 de novembro de 1963, foi desmembrado de João Pessoa, tendo sede no atual Distrito do Conde (ex-Vila Conde). Foi efetivamente instalado em 30 de dezembro de 1963, e em divisão territorial datada de 2003 foi considerado que o município é constituído de dois distritos: Conde e Jacumã (Figura 58).

A cidade do Conde, sede do município, está instalada sobre os maiores níveis altimétricos da área, sobre a Formação Barreiras com os Tabuleiros Costeiros intensamente dissecados, dando origem a formas convexas e semiconvexas. Já o distrito de Jacumã espraia-se sobre os terraços e planícies costeiras nos menores níveis altimétricos do município.



**Figura 57** – Malha Urbana dos municípios de Cabedelo, João Pessoa e Conde (em amarelo).  
Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2017).



**Figura 58** – Município do Conde em imagem de satélite e suas zonas urbanas destacadas.  
Fonte: Google (2020).

Em 1963, após sua emancipação, deu-se início a um processo de urbanização de algumas propriedades rurais, que antes eram loteadas com intuito de criação de granjas e agora passaram a se urbanizar pela criação de loteamentos residenciais (CAVALCANTI *et al.*, 1996). Como aponta Costa *et al.* (2017), essas glebas que, sobretudo, compreendiam grandes faixas de terra se estendiam para longe do centro urbano existente, e não necessariamente se ligavam a ele, exceto pelas estradas que ali chegavam, mas não por uma relação direta com a expansão do tecido urbano, demonstrando, assim, um crescimento urbano com características que demonstravam um território intensamente fragmentado.

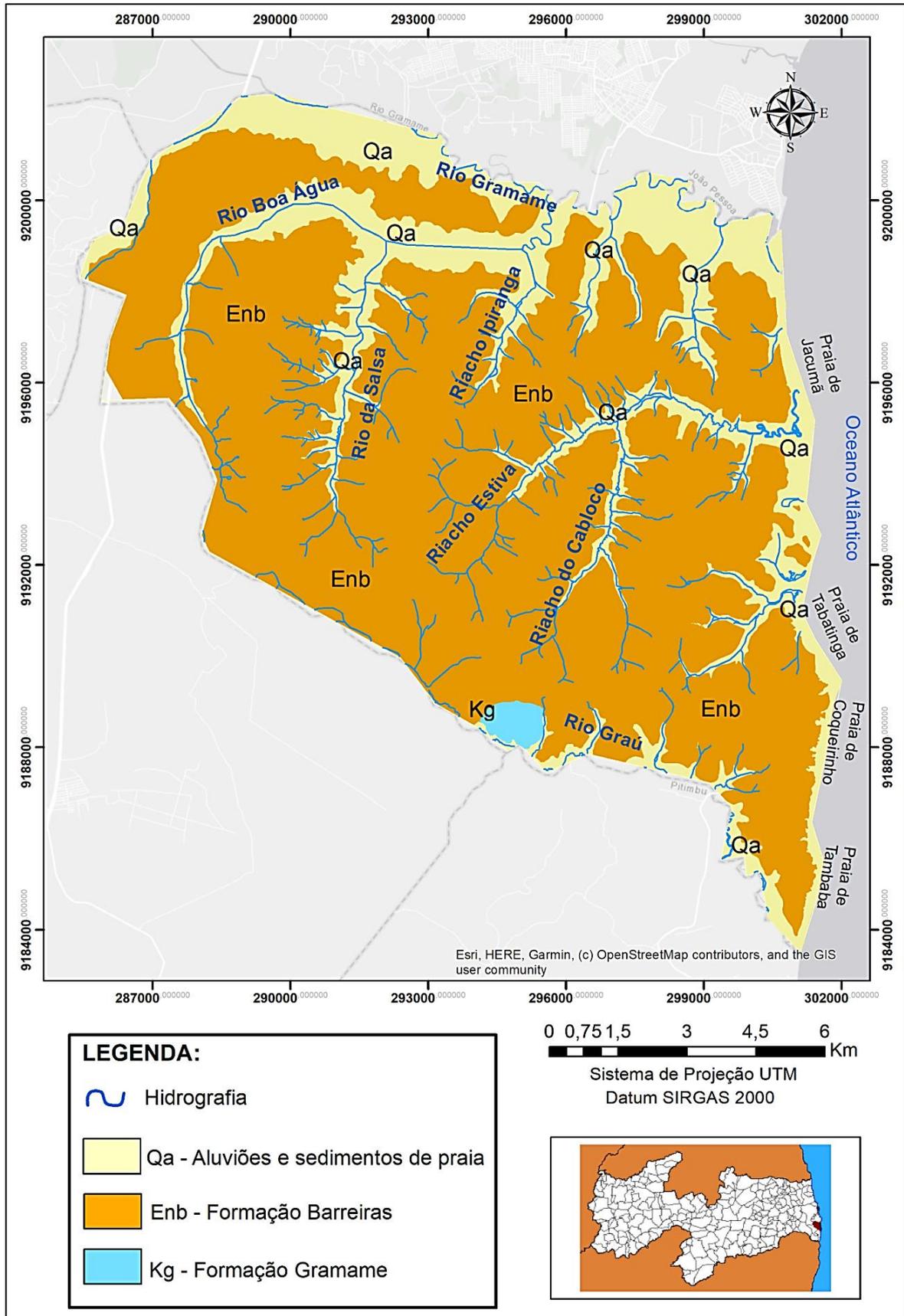
A partir da década de 1970, com a implantação da BR-101, viu-se a construção de empreendimentos próximos à rodovia e no entorno do centro da cidade, dada sua distância de cerca de 3 km da BR. A partir da década de 1980 ocorreu o asfaltamento da PB-018, que corta o território longitudinalmente, de oeste a leste, e liga a sede do município à zona litorânea. A partir de então o município começou a passar por forte ação da especulação imobiliária, especialmente no litoral, com o desenvolvimento, por parte da Prefeitura Municipal, de uma política de incentivo ao turismo (COSTA *et al.*, 2017).

Desse modo, com as ações políticas voltadas ao litoral e ao turismo praieiro, o município do Conde foi adquirindo funções urbanas secundárias, como, por exemplo, de cidade dormitório ou cidade de “férias” ou “veraneio”, não havendo grande desenvolvimento de sua sede urbana, que se encontra em lado oposto ao litoral, na zona oeste do município.

Apesar de sua pequena extensão em malha urbana em relação ao seu território total, o município ainda hoje tem sido constantemente alvo de especulação imobiliária, que favorece à futura expansão da sua malha urbana. Concordando-se com Costa *et al.* (2017), o município do Conde, por estar atrelado à região metropolitana da capital, desponta como possível alternativa ao crescimento desordenado da região, além disso, possui localização estratégica, no eixo João Pessoa – Recife, e atrativos como seus recursos naturais e turísticos, sua oferta de terra com preços mais baixos e ampla possibilidade de adensamento e crescimento urbano.

### **5.3.2 Aspectos geológicos**

Os aspectos geológicos do município do Conde se assemelham com os de João Pessoa, onde se destaca a presença da Formação Gramame datada do Cretáceo (Kg), que faz parte da Bacia Sedimentar Paraíba; a Formação Barreiras datada do Mioceno (Enb); e também os aluviões e sedimentos de praia quaternários (Qa) (Figura 59).



**Figura 59** – Mapa geológico do município do Conde.  
 Fonte: Adaptado de Brasil (2002).

Das Formações do Grupo Paraíba que aparecem no município do Conde, pode-se destacar a Formação Gramame, que aflora principalmente no vale do rio Graú. Conforme o mapa geológico (Figura 59) e cálculos executados em ambiente SIG, pôde-se obter a extensão da ocupação territorial superficial de cada formação geológica presente no mapa. Assim, em relação aos Aluviões e sedimentos de praia quaternários, calcula-se que haja cerca de 53,5 km<sup>2</sup> do município do Conde cobertos por essa unidade geológica, enquanto a Formação Barreiras ocupa cerca de 125 km<sup>2</sup> e a Formação Gramame cerca de 0,6 km<sup>2</sup>.

Em relação à geomorfologia do município do Conde, apesar de, assim como o município de João Pessoa, estar sobre os Tabuleiros Costeiros, conta com uma rede de drenagem mais densa, com maior dissecação dos tabuleiros e possível atividade tectônica recente, que possivelmente causou basculamento e inflexão de alguns rios, como, por exemplo, o rio Guruji (BARBOSA; FURRIER, 2011).

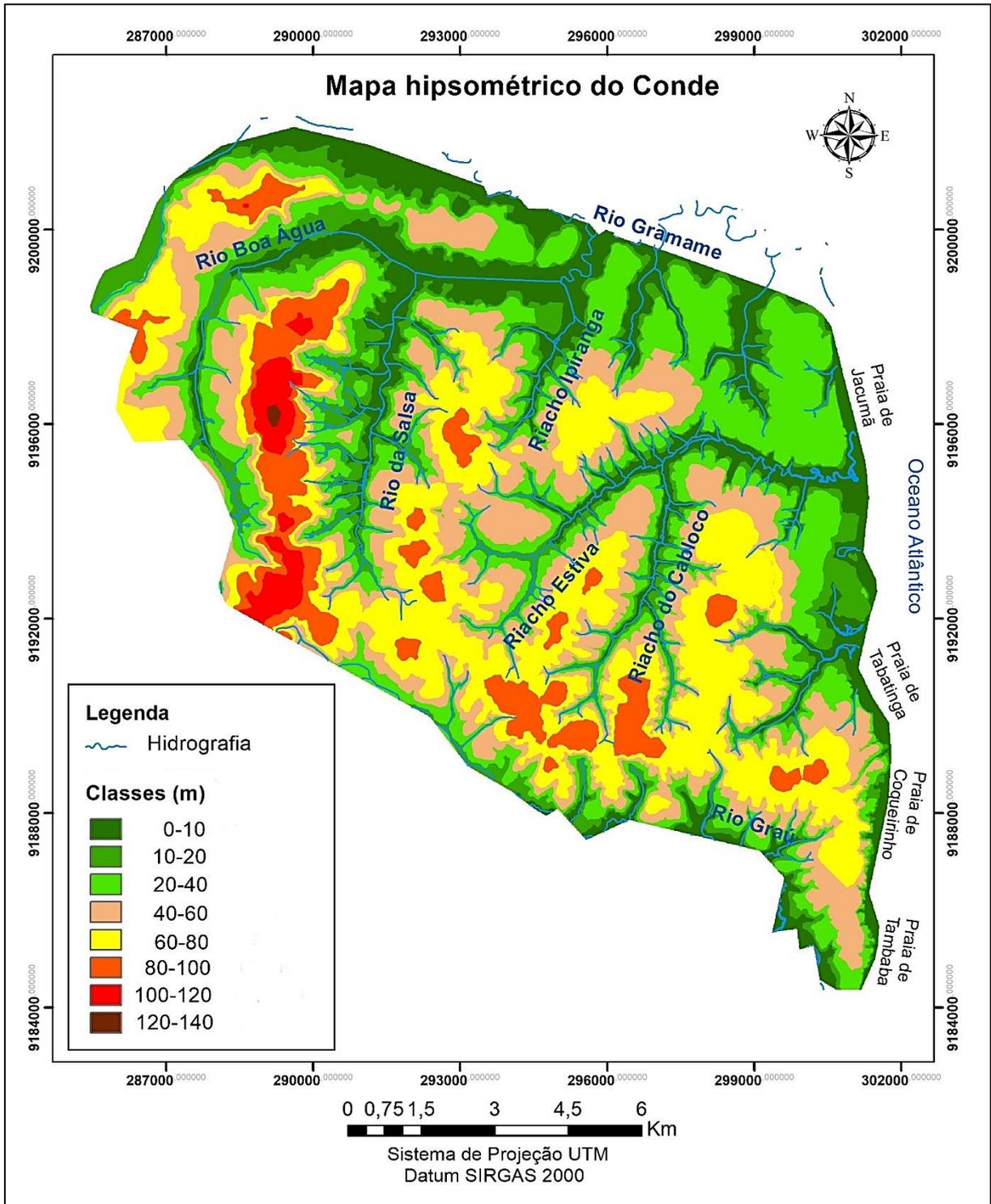
### **5.3.3 Dados morfométricos de hipsometria e declividade**

A elaboração dos mapas de hipsometria e declividade (Figuras 60 e 61) do município permitiu algumas análises morfométricas que forneceram detalhes do relevo local. Pôde-se perceber uma variação topográfica e de declividade na área do município do Conde no sentido nordeste-sudoeste, contendo as cotas mais baixas de altimetria e declividade nas regiões das planícies fluviais do norte e costeiras do leste e as mais altas em direção ao sudeste e ao oeste.

Os referidos mapas foram extremamente importantes para a observação e análise da dissecação do relevo no Conde, que é um diferencial na questão da urbanização desse município, por conseqüentemente haver um maior número de ocupações e alterações de relevo em vertentes, devido às formas convexas que os topos dos tabuleiros acabam formando.

O mapa de hipsometria (Figura 60) traz uma visão geral das medidas de altimetria no município do Conde, em que se encontram medidas que vão desde 0 até 140 m de altimetria. Nas faixas de 0 a 10 m estão as principais planícies do município e perfazem cerca de 26 km<sup>2</sup> da área do Conde.

As maiores cotas altimétricas, acima dos 80 m até os 140 m, estão em menor extensão no município, cerca de 14 km<sup>2</sup> (Tabela 3), porém é justamente sobre essas cotas altimétricas que está situada a sede da cidade no município do Conde (Figura 60).



**Figura 60** – Mapa de hipsometria do município do Conde.

Fonte: Elaboração própria (2020).

**Tabela 3** – Medida das classes de hipsometria do município do Conde

<b>Classes (m)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
0 – 10	30,95	17,30
10 – 20	24,44	13,80
20 – 40	38,21	21,90
40 – 60	32,09	18,40
60 – 80	33,88	19,70
80 – 100	10,34	5,70
100 – 120	3,50	2,00
120 – 140	0,13	0,07
<b>Área total classificada:</b>	<b>173,57</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaboração própria (2020).

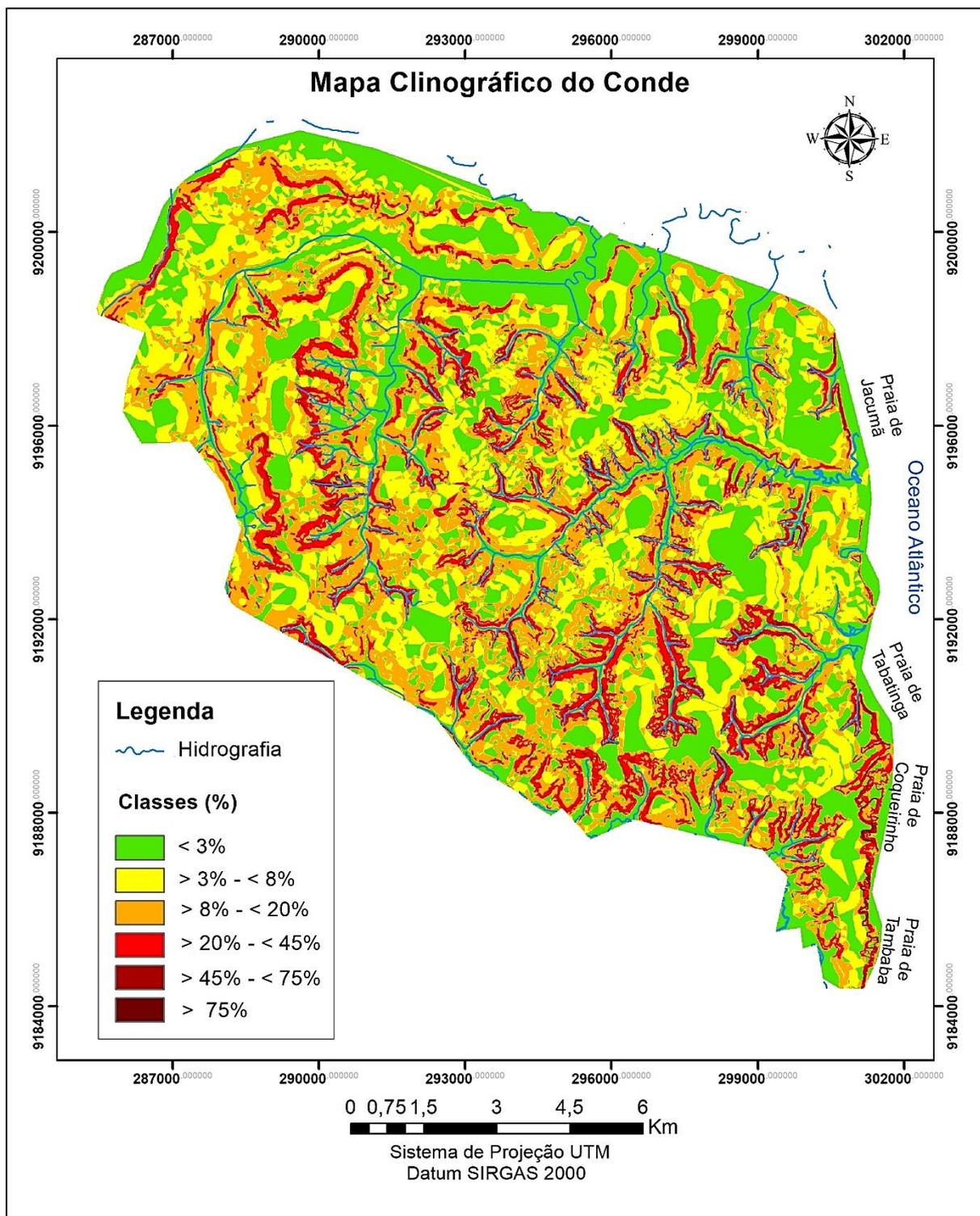
O mapa de declividade (Figura 61) foi extremamente importante para complementar as informações topográficas do município, pois nele se podem observar os níveis de inclinação do terreno e das vertentes, demonstrando que a área desse município é marcada por regiões de alta declividade, justamente onde se encontra o seu trecho mais urbanizado, que são os divisores de águas, corroborando as análises de modificação do relevo nas vertentes.

As principais medidas das classes de declividade do município e sua relativa extensão territorial são: até 3% de inclinação – 52 km<sup>2</sup>; de 3 a 8% de inclinação – 39 km<sup>2</sup>; de 8 a 20% de inclinação – 47 km<sup>2</sup>; de 20 a 45% de inclinação – 23 km<sup>2</sup>; de 45 a 75% de inclinação – 3 km<sup>2</sup>; mais de 75% de inclinação – 0,3 km<sup>2</sup> de extensão (Tabela 4).

**Tabela 4** – Medida das classes de declividade em km<sup>2</sup>

<b>Classes (%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
< 3	52,0
> 3 – < 8	39,0
> 8 – < 20	47,0
> 20 – < 45	23,0
> 45 – < 75	3,0
> 75	0,3
<b>Área total classificada</b>	<b>164,3</b>

Fonte: Elaboração própria (2020).



**Figura 61** – Mapa de declividade.  
Fonte: Elaboração própria (2021).

### 5.3.4 Mapeamento geomorfológico – 1º ao 4º táxon

Assim como nos demais municípios que compõem a área de estudo desta pesquisa, elaborou-se o mapa geomorfológico antropogênico do município do Conde, e para que o

contexto geomorfológico da área onde as formas antropogênicas se dispõem seja melhor compreendido, achou-se por bem a inserção das informações dos quatro primeiros táxons de relevo da metodologia discorrida por Ross (1992).

Assim, de acordo com o mapa elaborado (Anexo A), os quatro táxons de relevo serão descritos as seguir:

- **1º Táxon** (morfoestruturas) – como principais morfoestruturas, foram identificados os Sedimentos Quaternários, principalmente nas planícies fluviais e marinhas; a Cobertura Sedimentar de Plataforma, que é a Formação Barreiras; e a Bacia Sedimentar da Paraíba, principalmente com a presença de afloramento da Formação Gramame no vale do rio Graú (Anexo A).
- **2º Táxon** (morfoesculturas) – como morfoesculturas, que são as grandes formas de relevo esculpidas sobre a morfoestrutura, foram definidas duas: a Baixada Litorânea, que compõe as planícies e terraços fluviomarinhos; e os Baixos Planaltos Costeiros, que se espalham por grande parte da extensão territorial do município do Conde (Anexo A).
- **3º e 4º Táxons** - correspondem, respectivamente, aos padrões e aos tipos de formas de relevo.

Pode-se observar quatro formas de denudação, que são:

- **Dt 31:** são formas de dissecação tabular com entalhamento médio do vale de intensidade média (40 – 80 m), com dimensão interfluvial média classificada como muito grande (> 1500 m). Esse tipo de forma está localizado na porção sul do município do Conde, próximo à praia de Tambaba, limite com o município de Pitimbu. Este padrão de relevo ocupa cerca de 6 km<sup>2</sup>, sendo o conjunto de padrão de relevo de menor extensão (Anexo A).
- **Dt 21:** são formas de dissecação em topos tabulares com entalhamento médio do vale classificadas como fraco (20 – 40 m), com dimensão interfluvial média muito grande (> 1500 m). A localização de tais formas no município se encontra na porção nordeste do município, nas áreas entre as bacias dos rios Gramame e Guruji, limite com o município de João Pessoa, ocupando 14 km<sup>2</sup>. É o segundo menor padrão de formas de relevo, em extensão, encontrado no município (Anexo A).
- **Dc 31:** são formas de dissecação em topos convexos com entalhamento médio do vale de intensidade média (40 – 80 m), com dimensão interfluvial média classificada como muito grande (> 1500 m). Esta área está localizada em toda a região central do

município do Conde e engloba as bacias do rio Guruji e seus afluentes, rio Graú, riacho Ipiranga e rio da Salsa. Este é o conjunto de formas de relevo de maior extensão no município, contendo cerca de 83 km<sup>2</sup> (Anexo A).

- **Dc 41:** são formas de dissecação em topos convexos com entalhamento médio do vale de intensidade forte e com dimensão interfluvial média classificada como muito grande (> 1500 m). Este padrão de formas se encontra na porção oeste do município do Conde, englobando as bacias hidrográficas dos rios Gramame, Boa Água e da Salsa. É o segundo maior conjunto de padrões de formas de relevo em extensão territorial que se encontra no Conde, contendo cerca de 45 km<sup>2</sup>. É nesta área que se apresenta a região mais urbanizada do município, que corresponde à cidade do Conde. Neste táxon, algumas formas tecnogênicas foram mapeadas, como, por exemplo, voçorocas urbanas e áreas de mineração (Anexo A).

Em relação às formas agradacionais ou formas de acumulação, foram identificadas quatro principais:

- **Área de planície intermareal (Api):** a planície intermareal ou interdial corresponde às áreas de mangue. No município, ela ocupa uma área de 7 km<sup>2</sup> e ocorre principalmente nas desembocaduras dos rios Gramame, Guruji e Graú, importantes bacias hidrográficas do município do Conde (Anexo A).
- **Área de planície fluvial (Apf):** ocupam 12 km<sup>2</sup> da área de estudo, sendo a mais extensa das áreas de acumulação de sedimentos no município. Localizada em trechos dos rios Boa Água e da Salsa, riacho Ipiranga e alguns afluentes menores (Anexo A).
- **Área de terraço e planície marinha (Atpm):** encontram-se nas áreas de praia e sua retaguarda, ocupando cerca de 4 km<sup>2</sup> de área. Sua área de maior abrangência geográfica se encontra em toda a extensão da zona litorânea, zona leste do município, sendo interceptada pelas planícies intermareais (Anexo A).
- **Área de colúvio, terraço e planície fluvial (Actpf):** devido à escala adotada neste trabalho, não foi possível diferenciar os colúvios dos terraços em certos pontos, por isso a adaptação metodológica de Furrier (2007) foi utilizada. Este tipo de forma ocupa cerca de 5 km<sup>2</sup> da área. As principais áreas de ocorrência dessas formas são as vertentes voltadas para o vale do alto curso do rio da Salsa, alto curso do riacho Estiva e do riacho do Caboclo (Anexo A).

### 5.3.5 Mapeamento geomorfológico – 6º táxon

No mapa (Anexo A), as formas foram classificadas, também, conforme a hierarquia de Classe, Tipo e Unidade, como aponta a metodologia difundida por Ford *et al.* (2010). Como principais Classes, neste município, foram identificados três tipos de terrenos: Terreno Complexo, Terreno Produzido e Terreno Escavado. Em cada Classe designada foram definidos Tipos de formas.

No Terreno Complexo se encontra toda a área urbanizada, que, assim como nos demais municípios, serve como pano de fundo para as formas constantes nos outros dois terrenos. Os tipos de formas encontrados no Terreno Produzido foram os aterros e os depósitos tecnogênicos.

Os aterros do terreno produzido no município do Conde são principalmente aqueles que se localizam nas planícies e terraços fluviais. Esses aterros são construídos para a passagem de ruas e avenidas que cortam os rios e, assim, recobrem parte da planície e do próprio canal fluvial. Como exemplo de um aterro para avenida, pode-se citar o da PB 008, próximo à praia de Tabatinga, cuja planície do Maceió de Tabatinga conta com essa unidade de relevo antropogênica. Tais alterações não mudam apenas o relevo, mas todo processo geomorfológico local relacionado (Figura 62).



**Figura 62** – Aterro para avenida PB 008, município do Conde Vista do topo do tabuleiro. Foto: Tamires Barbosa (2020).

Em relação aos depósitos tecnogênicos e obedecendo à distinção conceitual entre os terrenos tecnogênicos, camadas tecnogênicas, depósitos tecnogênicos e horizontes de solo tecnogênicos de Peloggia (2017), pôde-se constatar em campo algumas dessas unidades do Terreno Produzido localizadas na região adjacente à fábrica de cimento (Intercement) (Figura 63), que foi identificada no mapa geomorfológico antropogênico como área de mineração, próxima ao rio Boa Água (Anexo A).

Na Figura 63, nas fotos “a”, “b” e “d”, pode-se notar a presença de camadas tecnogênicas, que são depósitos ou horizontes de solo tecnogênicos. Trata-se de um terreno mecanicamente alterado, devido provavelmente às atividades de construção da fábrica de cimento que fica ao lado, resultando, assim, na modificação da composição da camada superior do solo, que passou a apresentar, após essa alteração, presença rica de pequenas partículas de rochas graníticas que não são provenientes dessa região, como se pode constatar no mapa geológico do município (Figura 59). Na foto “c” da figura 61 o solo se apresenta também modificado, tratando-se de horizontes de solo tecnogênicos, provavelmente modificados *in situ* por ação humana.



**Figura 63** – Modificações tecnogênicas do solo no município do Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2018).

Foram ainda identificados como depósitos tecnogênicos na área os depósitos sedimentares tecnogênicos, úrbicos e líticos. Na região da praia de Jacumã, estes depósitos podem ser encontrados. Uma obra de construção de um calçadão (área de lazer e praça de alimentação) sobre parte da planície costeira nessa área, executada em 2017, modificou tanto os processos naturais quanto sociais e econômicos na praia de Jacumã.

Havia nessa praia 24 quiosques, que foram retirados devido aos problemas causados pela erosão, e a partir de então construiu-se esse calçadão e também obras de contenção para diminuição da energia das ondas na praia (depósito lítico), o que ocasionou uma amenização da erosão natural.

O material utilizado para o aterro da planície costeira e posterior construção do calçadão não é semelhante ao localizado *in situ*, como se pode ver na Figura 64. Esse aterro é composto por estruturas acamadas de material sedimentar distinto, materiais úrbicos e terrosos em sobreposição de camadas. Os terrenos compostos por aterros tecnogênicos são mais instáveis que terrenos produzidos naturais, pois não contêm a coesão que um terreno natural tem, sendo mais susceptível a acidentes geomorfológicos e desgaste das estruturas urbanas construídas sobre eles. Adiciona-se o fato de o aterro se localizar em zona costeira, que é extremamente dinâmica e ativa quanto aos processos de erosão e deposição, instabilizando ainda mais o terreno.



**Figura 64** – Depósito Sedimentar formado por aterro na planície costeira na praia de Jacumã, Conde.  
Fonte: Elaboração própria (2017).

No Terreno Escavado, os tipos de formas encontradas foram: formas erosivas relacionadas a áreas agrícolas; mineração; cortes tecnogênicos; lagoas tecnogênicas; formas de erosão costeira; vertentes tecnogênicas; cicatrizes de erosão e voçorocas. Cada tipo de forma citado subdivide-se em unidades de relevo tecnogênicas específicas, que serão descritas e analisadas a seguir.

Em relação às áreas agrícolas, uma forma de relevo antropogênica pôde ser identificada: os terraceamentos agrícolas. As áreas de terraceamento estão espalhadas no município do Conde, principalmente em áreas de declividades mais elevadas, nos divisores de águas dos tributários do rio da Salsa (Figuras 65 e 66), riacho Estiva e riacho do Caboclo (Anexo A). As áreas ocupadas pelas formas resultantes do terraceamento somam cerca de 3 km<sup>2</sup>.

O terraceamento é utilizado na agricultura como uma maneira de conservação do solo e facilitação da plantação em áreas mais íngremes. É uma técnica antiga que ajuda a diminuir o escoamento da água e conseqüente erosão, e aumenta os níveis de infiltração da água pluvial no solo. Baseia-se na criação de terraços por meio do parcelamento de rampas niveladas. Como visto, geram mudanças nos níveis de erosão, escoamento, infiltração, assim como formam vertentes tecnogênicas. Na Figura 65 observam-se vertentes que passam dos 2 m de altura.



**Figura 65** – Área de terraceamento agrícola próximas ao rio da Salsa, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).



**Figura 66** – Área de terraceamento agrícola próxima ao rio da Salsa, Conde, com destaque para as vertentes tecnogênicas.

Foto: Tamires Brbosa (2020).

Existe outra maneira de a agricultura ser empregada em regiões mais declivosas, que é a plantação por curvas de nível (Figura 67), que também ocorre no município do Conde sobre os vales dos tributários do baixo curso do rio Graú, na divisa entre Conde e Pitimbu, com uma área de cerca de 1,8 km<sup>2</sup>. Tal prática ajuda a diminuir o impacto da erosão do solo e o escoamento superficial das águas pluviais.



**Figura 67** – Área de plantação em curvas de nível, Conde.

Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

No que se refere aos cortes tecnogênicos mapeados no Conde, em sua maior parte estão relacionados a ruas, avenidas e estradas que cortam os tabuleiros. O corte é feito em zonas de variação topográfica relativamente altas, para suavizar o declive sobre o qual passa o arruamento. No Conde os cortes desse tipo acontecem quando há passagem de planaltos para planícies, ou quando há diferença altimétrica considerável no terreno.

Quando ocorre o corte para estrada, também é gerada uma vertente tecnogênica, assim, os cortes frequentemente estarão relacionados a formas gravitacionais induzidas, desde as maiores dimensões até as menores.

Os cortes foram identificados no mapa em trechos da BR 101 (Figura 68), dentro da zona industrial do município (Anexo A) (Figura 58), em vários trechos dentro da sede da cidade do Conde, próximo à comunidade Gurugi, na PB 018 (Anexo A) (Figura 58), e em trechos do distrito de Jacumã, na PB 008 (Anexo A) (Figura 58).



**Figura 68** – Corte de estrada, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020).

No que se referem às formas resultantes de mineração, há três tipos de atividades mineradoras produzidas no Conde, que formam diferentes unidades de relevo tecnogênicas. As atividades são: mineração de calcário, extração de areia e escavação superficial.

A mineração de calcário se dá por meio da exploração proveniente da fábrica de cimento Intercement Brasil S.A, que funciona no município, na zona industrial, próximo ao rio Boa Água (Anexo A) (Figura 58).

A fábrica de cimento, como já discorrido anteriormente, causou diversas modificações nas camadas superficiais e solos de seu entorno, e para a efetiva exploração do calcário geram-se diversas formas degradativas. A área onde se localiza a mina de calcário dispõe desse material geológico devido ao afloramento da Formação Gramame, e tem cerca de 30 m<sup>2</sup> (Figura 69).



**Figura 69** – Mina de exploração de Calcário, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

O município do Conde possui grande número de áreas onde ocorre atividade mineradora relacionada à extração de areia, como se pode observar no mapa geomorfológico (Anexo A). Em trabalho de campo, foi possível ter acesso a uma grande área em processo de arenização com intensa extração de areia, na comunidade denominada de Gurugi. Essa área específica de arenização contém cerca de 0,16 km<sup>2</sup> de extensão e perímetro de 1,55 km (Figura 70).

Além da extração de areia na comunidade Gurugi, alguns outros pontos de mineração desse material foram identificados e mapeados no município do Conde, são eles: próximos às nascentes do rio da Salsa, riacho Estiva, riacho do Caboclo, riacho Itaporanga e Maceió de Tabatinga; e também próximo ao baixo curso do rio Graú, na divisa do Conde com Pitimbu (Anexo A).



**Figura 70** – Área de extração de areia, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2017).

As formas superficiais de escavação são formas que ocorrem comumente próximas a áreas de construção urbana onde os elementos urbanos e a mancha urbana se expandem. Elas se localizam nesses pontos pela necessidade de material sedimentar para utilização em obras.

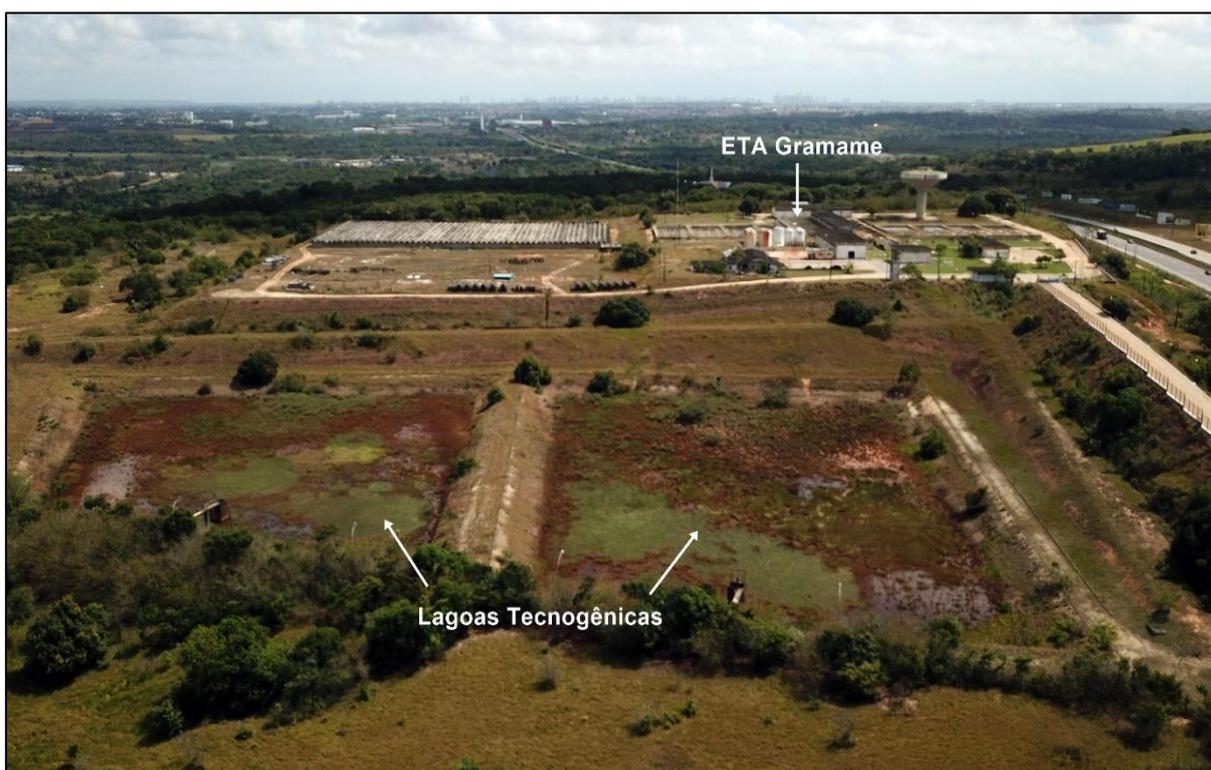
Podem ser de pequenas ou grandes dimensões, rasas ou profundas, e se caracterizam por conter material superficial escavado para utilização em outro local. Podem também ser caracterizadas como áreas de empréstimo de material sedimentar. No município do Conde, essas formas são mapeadas nas proximidades do rio Graú e do rio Boa Água (Anexo A) (Figura 71).

Quanto às lagoas tecnogênicas, foi mapeada, no município do Conde, uma lagoa referente à estação de tratamento de água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (Cagepa). Nesse local, ocorreu a escavação do terreno para que os dejetos resultantes do tratamento da água pudessem ser dispensados, sendo hoje essas lagoas desativadas.

A utilização das lagoas artificiais, mesmo que hoje estejam desativadas, modificou a dinâmica geomorfológica local, alterando a direção do fluxo das águas pluviais, pois o terreno passou a funcionar como bacia radial centrípeta, que direciona o escoamento para os locais da escavação. A área ocupada por essa lagoa tecnogênica é de cerca de 31 m<sup>2</sup> e perímetro de 744 m (Figura 72).



**Figura 71** – Área de escavação superficial sobre a Formação Barreiras, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020).



**Figura 72** – Lagoas tecnogênicas na ETA Gramame, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Ainda analisando as formas de erosão tecnogênicas, foram encontrados sulcos, ravinas e voçorocas, que mesmo tendo origem natural passam por modificação na evolução dos processos que a tangem, devido a atividades antropogênicas.

Em regiões urbanas, as voçorocas têm seus processos erosivos intensamente acelerados devido a fatores como: a impermeabilização do solo da cidade e consequente aumento do escoamento superficial em direção à voçoroca; o desmatamento das áreas adjacentes e o aumento do aporte de sedimentos em direção à voçoroca; a ocupação das áreas contíguas à voçoroca; e um grande agravante é o acúmulo de detritos e lixo orgânico nas margens da área de declive da voçoroca e também em seu interior.

No município do Conde, foram encontradas voçorocas bem próximas à área urbana da sede da cidade do Conde, onde a erosão a montante pode atingir as moradias e elementos urbanos causando acidentes geomorfológicos.

As voçorocas urbanas no Conde se mantêm na situação descrita acima de impermeabilização do solo a montante e acúmulo de lixo no topo, vertente e sopé, tornando a área um local potencial de risco de acidentes geomorfológicos com grandes possibilidades de movimentos de massa (Figura 73). A área dessa voçoroca urbana tem cerca de 7.000 m<sup>2</sup> e perímetro de 481 m, e é rodeada por ocupação urbana, com casas que distam cerca de 10 a 20 m da voçoroca, conforme se constata na Figura 73.



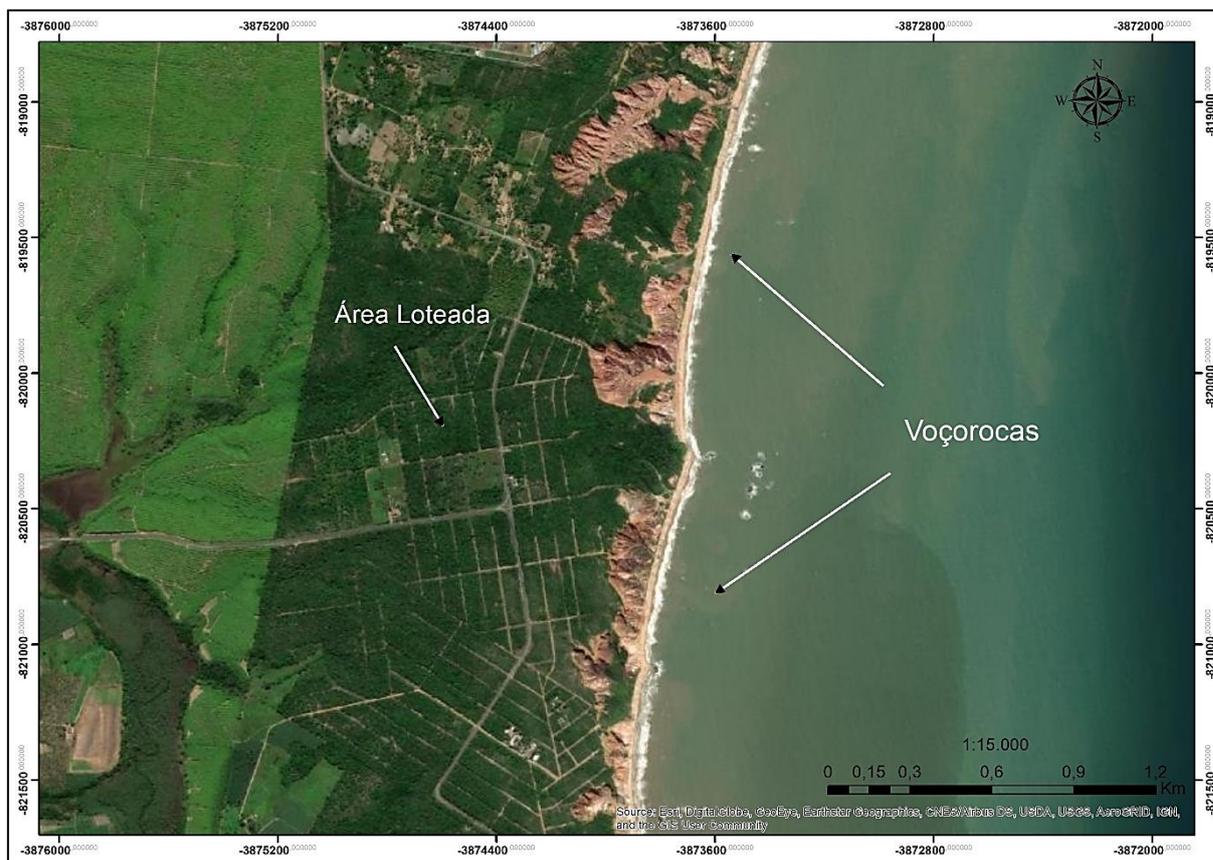
**Figura 73** – Voçoroca no centro da cidade do Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

As voçorocas do município do Conde não se restringem somente a essa região do centro da cidade, mas são bem mais presentes na zona litorânea, onde se contabilizam pelo menos quatro grandes voçorocas e outras de menor porte (Figura 74). O litoral do município do Conde é diferenciado dos de João Pessoa e Cabedelo, pois estes últimos contam com forte urbanização em quase toda a sua extensão litorânea. No Conde, entretanto, o litoral não é completamente urbanizado.



**Figura 74** – Voçoroca na praia de Arapuca, Conde.  
Foto: Tamires Barbosa (2020) (Utilização de drone).

Esse fato leva a zona costeira do Conde a passar por dois diferentes processos erosivos: um natural, que é regido pela dinâmica erosiva das ondas e marés; e um relacionado à ocupação das zonas costeiras, principalmente na região da praia de Carapibus e Jacumã. Porém, mesmo na área de erosão natural dominada pelas voçorocas, existe um agravante trazido pela ação antropogênica, pois as regiões contíguas às voçorocas se encontram loteadas e já existem alguns elementos urbanos sobre esses loteamentos (Figura 75).



**Figura 75** – Zona do litoral Sul do Conde com voçorocas e áreas loteadas.  
 Fonte: Elaboração própria (2020), com dados de Digital Globe (2020).



**Figura 76** – Erosão de vegetação e objetos artificiais na praia de Jacumã, Conde.  
 Foto: Tamires Barbosa (2017).

O segundo processo de erosão nas zonas litorâneas que o município do Conde apresenta é relacionado à ocupação das zonas costeiras, ou seja, nas praias urbanas, principalmente de Carapibus e Jacumã (Figura 76).

É importante ressaltar que, assim como Cabedelo e João Pessoa, a erosão nas praias urbanas é, em sua maioria, causada pela ocupação irregular da zona costeira, com prédios, casas de veraneio e bares que avançam em direção à praia, cobrindo os sedimentos e interferindo na dinâmica costeira.

Dos indicadores geoambientais para identificar erosão costeira antropogênica, o que mais se apresenta nessa área é a destruição de estruturas artificiais construídas sobre a zona de praia emersa (Figura 76).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de a ação e modificação da superfície terrestre por parte do ser humano não ser algo recente, os estudos que passaram a considerar o ser humano como agente geomorfológico são relativamente novos, e carecem ainda de bastante arcabouço teórico para melhor desenvolvimento deste tema, especialmente quando se trata de metodologias para mapeamento da geomorfologia de formas antropogênicas de determinada área.

Como se discorreu nesta pesquisa, o mapeamento de formas de relevo, por si só, já é algo complexo de ser realizado, tendo em vista que se mapeiam processos e formatos e não objetos concretos, como vegetação, unidades geológicas, hidrografia etc. Assim, para cada objetivo do pesquisador, o mapeamento pode ser diferenciado em suas metodologias e representações.

Quando se fala em mapear as formas de relevo antropogênicas, essa situação se agrava, pois, além de precisar mapear tais formas, sabe-se que elas são muito mais pontuais, complexas, e de difícil distinção. As formas antropogênicas têm uma dinâmica muito maior que aquelas formadas pelos processos endogenéticos, por exemplo.

Assim, esta pesquisa buscou contribuir no sentido de tentar encontrar metodologias cada vez mais abrangentes e padronizadas para que outros pesquisadores consigam aplica-las em seus estudos, tratando-se de qualquer área que estejam analisando. Foram ajustadas algumas metodologias já existentes, como a de Ross (1992), que é uma metodologia muito empregada no Brasil para mapeamento geomorfológico.

Tais ajustes e adaptações permitiram o maior foco nas formas de relevo do 6º táxon, que são as formas atuais e antropogênicas. Essa metodologia, apesar de ajustada, ainda deve continuar sendo tema de debates e aprimoramento.

A partir do momento em que se aplica a metodologia do mapeamento geomorfológico com foco nas formas antropogênicas, obrigatoriamente se faz um estudo das características físicas gerais da área, do contexto geomorfológico geral, do contexto geológico, da parte histórica da ocupação das áreas urbanas, dos aspectos morfométricos da área etc. Tudo isso para que assim se possa compreender, de maneira mais aprofundada possível, como os processos morfogenéticos antropogênicos alteraram e vêm alterando a paisagem natural transformando-a em espaço geográfico e dando origem a diversas formas de relevo, as quais não existiriam sem as ações antrópicas sobre a superfície terrestre.

Quando se faz todo este estudo de uma determinada área, também são diagnosticados diversos potenciais problemas de áreas de risco geomorfológico que a ocupação urbana sobre

determinadas unidades de relevo causa. Talvez, para a sociedade, no geral, esta seja a maior contribuição da Geomorfologia Antropogênica: deixar diagnósticos que levem ao melhor direcionamento quanto aos planejamentos urbanos e ambientais.

Esta pesquisa deixa base para o levantamento detalhado de problemas de risco geomorfológico urbano nos três municípios estudados, e que podem levar a outros trabalhos que indiquem possíveis ações práticas para o planejamento e levantamento de soluções desses problemas, tendo, portanto, o trabalho científico uma ação utilitária prática para a sociedade.

Como visto nos resultados finais da pesquisa, os três municípios foram analisados em todos os âmbitos: histórico, morfométrico, geológico, físico e geomorfológico. Assim, obteve-se um panorama geral em relação à Geomorfologia Antropogênica deles.

Todo o estudo realizado se sintetiza no mapa de geomorfologia com foco nas formas antropogênicas gerado para os três municípios, que combina uma série de ações minuciosas de trabalho de gabinete, de campo e de laboratório, onde foi possível determinar as áreas de terrenos tecnogênicos complexos, escavados, produzidos e preenchidos e suas formas de relevo correspondentes.

Em cada um desses terrenos, foram identificadas formas e processos geomorfológicos antropogênicos, como, por exemplo: aterros realizados para construção de ruas, avenidas e ferrovias; depósitos gárbicos em áreas onde a população urbana descarta lixo; depósitos úrbicos, principalmente onde há área de construções urbanas; depósitos líticos, em zonas costeiras de praias urbanas onde se tenta conter a ação de erosão costeira; depósitos relacionados a atividades econômicas de extrativismo; áreas de progradação praial antropogênica; cursos de rios modificados; rios aterrados; açude; planícies tecnogênicas totalmente alteradas e urbanizadas; dolinas urbanizadas; formas superficiais de escavação relacionadas à mineração; áreas de escavação de planície para funcionamento de atividade de carcinicultura; voçorocas urbanas, entre outras.

Pode-se ver que tais formas antropogênicas estão sempre interligadas a atividades básicas que a humanidade produz para sobrevivência e seu desenvolvimento econômico e social. Assim, não se pode pensar em anular todos os processos que levam à alteração da natureza. Porém, o estudo prévio da geomorfologia e demais aspectos físicos das áreas urbanas pode melhor direcionar o desenvolvimento econômico, auxiliar na conservação dos recursos naturais, além de amparar diretrizes para o planejamento futuro da expansão urbana e de novos empreendimentos.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. *Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo*. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 1957.
- AB'SÁBER, A. N. *Litoral do Brasil/Brazilian coast*. São Paulo, Metalivros, 2005.
- AB'SÁBER, A.N. Meditações em torno da notícia e da crítica na geomorfologia brasileira. *Not. Geomorfológica*, ano 1, 1958, p.1-6.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. *Caracterização das bacias hidrográficas*. Paraíba, 2006. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE\\_02.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_02.pdf) Acesso em 07 de setembro de 2019.
- ALMEIDA, H. *História da Paraíba*. 2. ed. João Pessoa: UFPB, 1978.
- ARAI, M. A grande elevação Eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP Série Científica*. São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1- 6, 2006.
- ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? *Revista USP*. São Paulo, n. 103, p. 13-24, 2014.
- BARBOSA, M. E. F. *Geomorfologia e tectônica da Folha Jacumã 1: 25.000*. 2013. 113 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba: UFPB, 2013.
- BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Guruji, litoral sul do estado da Paraíba. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. *Anais...Viçosa*: UFV, 2009. CD-Rom.
- BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Caracterização geomorfológica com apoio de índices morfométricos: o estudo de caso da bacia do Rio Guruji. *Cadernos do Logepa*, João Pessoa, v.6, n.1, p. 1-24, jan./jun. 2011. ISSN: 2237-7522.
- BARBOSA, T. S. *Geomorfologia urbana e mapeamento geomorfológico do município de João Pessoa – PB, Brasil*. 2015. 115 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba: UFPB, 2015.
- BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. A geomorfologia antropogênica e a relação uso da terra com o risco geológico no município de João Pessoa – PB. *Rev. Bras. Geomorfol.* (Online), São Paulo, v.18, n.1, (Jan-Mar) p.169-184, 2017.
- BELLESA, M. Os critérios para a definição da nova época geológica, o Antropoceno. **IEA-USP**, São Paulo, 3 ago. 2018. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/noticias/conversa-sobre-o-antropoceno>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- BIROT, P. *Morphologie structurale*. Presses Universitaires de France, Paris, França. Vol. 2, 1958.

BRANDOLINI, P.; FACCINI, F.; PALIAGA, G.; PIANA, P. Manmade landforms survey and mapping in an urban historical center on coastal Mediterranean environment. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 41, 2018. p. 24–34. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2018.41.2>

BRASIL Ministério de Minas e Energia. CPRM. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Conde, estado da Paraíba/* Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. *Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba*. Recife: CPRM, 2002. 142p. il. 2 mapas. Escala 1:500.000.

BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Folhas Cabedelo, Jacumã, Conde, Nossa Senhora da Penha, Santa Rita, João Pessoa e Mata da Aldeia. Recife: SUDENE, 1974. Escala 1:25.000.

BRASIL. Petrobrás. *Coque verde de petróleo – Informações Técnicas*, 2019. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/> Acesso em 11 de novembro de 2020.

BROWN, A. G.; TOOTH, S.; BULLARD, J. E.; THOMAS, D. S. G.; CHIVERRELL, R. C.; PLATER, A. J.; MURTON, J.; THORNDYCRAFT, V. R.; TAROLLI, P.; ROSE, J.; WAINWRIGHT, J.; DOWNS, P.; E AALTO, R. The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status and implications. *Earth Surf. Process. Landforms*, N. 42, 2017. p. 71–90.

BROWN, E. H. O Homem modela a Terra. *Bol. Geogr.* 30(222), p. 3-18, 1971.

CABEDELO. *Mapa geral de todos os bairros*. Disponível em: [http://www.cabedelo.pb.gov.br/arquivos/bairros/Mapa\\_Geral\\_Todos\\_os\\_Bairros.pdf](http://www.cabedelo.pb.gov.br/arquivos/bairros/Mapa_Geral_Todos_os_Bairros.pdf). Acesso em: 11 mar. 2020.

CAPPADONIA, C.; MAGGIO, C.; AGATE, M.; AGNESI, V. Geomorphology of the urban area of Palermo (Italy), *Journal of Maps*, 16:2, 274-284, 2020. DOI: 10.1080/17445647.2020.1739154. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1739154>

CASSETI, Valter. *Geomorfologia*. [S.l.]: 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 14/05/2018.

CAVALCANTI, M. H. P. *Uma História do Conde*. João Pessoa: Editora Universitária / UFPB, 1996. (Série Extensão).

CHOLLEY, A. Morphologie Structurale et Morphologie Climatique. *Anais de Geographie*, v. 59, p. 331-335, 1950.

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

COATES, D. R. *Urban Geomorphology*. The Geological Society of America Colorado, Estados Unidos, 1976. 166 p.

COOKE, R. U. *Geomorphological hazards in Los Angeles: A study of slope and sediment problems in a metropolitan county*. Allen & Unwin, London, 1984.

COOPER, A. H.; BROWN, T. J.; PRICE, S. J.; FORD, J. R.; WATERS, C. N. Humans are the most significant global geomorphological driving force of the 21st century. *The Anthropocene Review*. Sage, 2018. p. 1-8.

COSTA, H. R.; SILVA, G. J. A.; TORTORA, F.; SILVEIRA, J. A. R. Masterplan para o município de Conde–PB: um plano estratégico de desenvolvimento urbano e territorial, 2017 – 2020. Encontro Nacional da Rede de Observatórios das Metrópoles. *Anais...* Natal/RN, 2017.

COUTINHO, M. A. F. *Evolução urbana e qualidade de vida: o caso da Avenida Epitácio Pessoa*. 2004. 205 f. Dissertação (mestrado) – Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento em Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba: UFPB, 2004.

CSIMA, P. Urban Development and Anthropogenic Geomorphology. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298 p.

CSORBA, P. Agriculture: Cultivation on Slopes. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298 p.

CURI, N. *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89 p.

DANTAS, M. A. C. *A comunidade do Timbó (João Pessoa – PB): análise sócioambiental e qualidade de vida*. 213 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife: UFPE, 2003.

DANTAS, M. E.; MEDINA, A. I. M. *Geomorfologia*. Projeto Porto Seguro/ Santa Cruz Cabralia. 2000.

DÁVID, L. Quarrying and Other Minerals. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298 p.

DÁVID, L.; PATRICK, C. Quarrying as an anthropogenic geomorphological activity. In: Szabó J, Wach J (Eds.), *Anthropogenic Aspects of Geographical Environment Transformation*. University of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Sosnowiec, Kossuth Lajos University, Department of Physical Geography, Debrecen, Debrecen-Sosnowiec, 1998.

DEL MONTE, M.; D'OREFICE, M.; LUBERTI, G. M.; MARINI, R.; PICA, A.; VERGARI, F. Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy). *Journal of Maps*, v.12, p. 178–189, 2016.

DIEB, D. A.; ALMEIDA, J. A. P.; LIMA, E. R. V. Análise do processo de urbanização e das relações sócioambientais em área de expansão urbana: o caso do Jacaré – Município de Cabedelo (PB). *Cadernos do Logepa*. João Pessoa, Vol.2, n.1, 2003. p. 57-68.

DOUGLAS, I. Urban planning policies for physical constraints and Environmental change. In: HOOKE, J. M. (Org.). *Geomorphology in Environmental Planning*. England: Devon, 1998. 274 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI (2), 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Sergipe*. Recife, EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas, 1975. ilus.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Plano Diretor do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (CPATC)*. Brasília: EMBRAPA SPI, 1994. 37p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. E-book : il. color.

FAGUNDES, G. S.; *Influência do antigo lixão do Roger, João Pessoa, nas águas subterrâneas locais*. 115 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

FALCÃO, S. M.; LIMA, E. R. V.; BORGES, U. N. Alterações na paisagem da orla marítima de Cabedelo em decorrência da dinâmica de ocupação da área. *Cadernos do Logepa*, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2005.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FNEM. *Fórum Nacional de Entidades Metropolitanas. Região Metropolitana de João Pessoa (PB)*. Disponível em: <http://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-de-joao-pessoa-pb>. Acesso em: 11 abr. 2020.

FORD, J. R.; PRICE, S. J.; COOPER, A. H.; WATERS, C. N. An assessment of lithostratigraphy for anthropogenic deposits. *Geological Society, London, Special Publications*, v.395; 2014. p. 55-89.

FORD, J.; KESSLER, H.; COOPER, A. H.; PRICE, S. J.; HUMPAGE, A. J. An Enhanced Classification For Artificial Ground. *British Geological Survey Open Report*, OR/10/036, 2010. 32p.

FRANCISCO, P. R. M. *Climatologia do Estado da Paraíba*. Campina Grande: EDUFPG, 2017. 75 p.

FURRIER, M. *Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa 1:100.000*. 2007. 213 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo: USP, 2007.

FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e tectônica da formação Barreiras no Estado da Paraíba. *Geologia USP Série Científica*, São Paulo, 1 (6): p. 61 – 70, 2006.

FURRIER, M.; SOUZA, A. S.; LAVOUR, L. F. Environmental Analysis and Legal Bases for Coastal Area Evaluation: The Seixas Beach Sample – PB. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 11, núm. 2, julho-diciembre, 2017, p. 226-239.

GERASIMOV, I. P. *Anthropogene and its major problem*. *Boreas*, 9:23-30, 1979.

GERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J. A. Morphostructure. In: *The encyclopedia of geomorphology*. Ed. R. W. Fairbridge, 731-732, New York: Reinhold Book Co., 1968.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 21, nº 2, jul/dez. 2004.

GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. *Geomorphology*. 7 ed. p. 37-59, 1993.

GOUDIE, A. *The human impact on the natural environment*. 4th ed. The MIT Press, Cambridge, 1994. 454p.

GOUDIE, A.; VILES, H. *Landscapes and Geomorphology*. Oxford University Press, Oxford, 2010. 137p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. T. J. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. p.648. 1997.

HAIGH, M. J. *Evolution of Slopes on Artificial Landforms*. University of Chicago, Blainarch, UK. Dept. Geol. 1978.

HOLZNER, L.; WEAVER, G. D. Geographical evaluation of climatic and climato-genetic geomorphology. *Annals of the Ass. American geographers*. n. 55, vol. 4, 1965. pp. 592-602.

HUGGENBERGER, P.; EPTING, J.; AFFOLTER, A.; BUTSCHER, C.; SCHEIDLER, S.; ROTA, J. S. Hypotheses and Concepts. In: *Urban Geology*. Editors: Peter Huggenberger and Jannis Epting. University of Basel. Department of Geosciences. Geological Institute. Springer Basel AG, 2011. 216 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico de 2010*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&->> Acesso em 19 de março de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017* / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro : IBGE, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE cidades – Cabedelo/PB*. Disponível em:

<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250320&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas> Acesso em 28/12/2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico de Pedologia*. N. 4, 2 ed. Rio de Janeiro, 2007.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 277 p.

KOURY, M. G. P. Viver a cidade: um estudo sobre pertença e medos. *Revista Brasileira de Sociologia da Emoção*, v. 4, n. 11, p. 172 - 183, 2005.

LACERDA, H. Notas de Geomorfologia Urbana. Encontro Regional de Geografia – EREGEO, 9, Porto Nacional (TO). *Anais...* disco compacto, 2005, 10p.

LAVIERI, J. R.; LAVIERI, M. B. F. Evolução urbana de João Pessoa pós-60. In: GONÇALVES, R. C.; LAVIERI, M. B. F.; LAVIERI, J. R.; RABAY, G. (Eds.). *A questão urbana na Paraíba*. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 1999. 84 p.

LAVOR, L. F. *Geodiversidade e sítios históricos na porção terminal do baixo curso do rio Paraíba do Norte*. 174 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

LEAL E SÁ, L. T. *Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco- Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB*. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

LIMA, V. F.; LAVOR, L. F.; FURRIER, M. Estudos neotectônicos em margem continental do tipo passiva. *Geografia Ensino & Pesquisa*. Vol. 21, n. 1, 2017.

LÓKI, J. Agriculture: Crop Cultivation and Horticulture. In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298 p.

LUNDERSHAUSEN, J. Marking the boundaries of stratigraphy: Is stratigraphy able and willing to define, describe and explain the Anthropocene? *Geo: Geography and Environment*, 2018. <https://doi.org/10.1002/geo2.55>.

LUZ, R.; RODRIGUES, C. Anthropogenic changes urbanised hidromorphological systems in a humid tropical environment River Pinheiros, São Paulo, Brasil.. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. Supplementband, v. 59, p. 109, 2015.

MABESOONE, J. M. *Sedimentary basins of northeast Brazil*. Recife: UFPE/CT/DG Publicação Especial n. 2, 1994. 310p.

MACHADO, C. A. A Pesquisa de Depósitos Tecnogênicos no Brasil e no Mundo. *Revista Tocantinense de Geografia*, Araguaína (TO), Ano 01, n 02, p. 15-35, 2013.

MAIA, D. S. Tempos lentos na cidade: permanências e transformações dos costumes rurais na cidade de João Pessoa-PB. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. USP, 2000. 363 f.

MARTINS, P. D. Paisagem em movimento: as transformações na Avenida Epitácio Pessoa de 1980 a 2001. Dissertação (mestrado), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. 181 f.

- MENDONÇA, J. B.; GONÇALVES, R. C. Em busca de uma compreensão do espaço urbano: origens e ocupação da cidade de João Pessoa e do bairro de Jaguaribe (século XVI ao século XIX). *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, n. 3, v. 2, 2010.
- MIYAZAKI, L. C. P. Depósitos tecnogênicos: uma nova perspectiva de leitura geográfica. *Quaternary and Environmental Geosciences*, n. 05, vol. 2, 2014. 53-66.
- MOHAPATRA, S. N.; PANI, P.; SHARMA, M. Rapid urban expansion and its implications on geomorphology: A remote sensing and GIS based study. *Geography Journal*. V. 2014, Article ID 361459, 2014. 10 p.
- MUEHE, D. (Org.). Erosão e progradação no litoral brasileiro. Brasília: MMA, 2006.
- NIR, D. *Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology*. Jerusalem, Ketem Pub. House, 1983.
- NÓBREGA, W. R.; VALADARES, D. N.; FURRIER, M. Caracterização geomorfológica do médio gráben do Rio Mamanguape, borda oriental do estado da Paraíba. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. *Anais*. 2011.
- OLIVEIRA, A. M. S. Antropoceno - Tecnógeno: o Brasil avança nas pesquisas (Editorial). *Quaternary and Environmental Geosciences*. 05(1-2), 2014.
- OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. *Quaternary and Environmental Geosciences* 5(2) p. 103-111, 2014.
- OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Depósitos Tecnogênicos Induzidos Pela Erosão Acelerada no Planalto Ocidental Paulista. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 73, 1993, p. 91-104.
- OLIVEIRA, S. M. B.; CORDANI, U. G.; FAIRCHILD, T. R. Atmosfera, clima e mudanças climáticas. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.) *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 624 p.
- PARAÍBA. SUDEMA. *Mapa pedológico do Estado da Paraíba*. João Pessoa: SUDEMA, 2004. Escala: 1:500.000.
- PASCHOAL, L. G.; SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Geomorfologia antropogênica e sua inserção em pesquisas brasileiras. *Geographia Meridionalis*, v. 01, n. 01, 2015. p. 95–126.
- PAVLOV, A. Époques glaciaires et interglaciaires de l'Europe et leur rapport à l'histoire de l'homme fossile. *Byulleten moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody, otdel geologii*. Novaia seriya 31, 1922. (Apud GERASIMOV, 1979).
- PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*. 27(3):257-268, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia (USP)*, São Paulo, v.16, p. 24 – 31, 2005.

PELOGGIA, A. U. G. A magnitude e a frequência da ação humana representam uma ruptura na processualidade geológica na superfície terrestre? *Geosul (UFSC)*, Florianópolis, v. 14, n.27, p. 54-60, 1998.

PELOGGIA, A. U. G. *Delineação e aprofundamento temático da Geologia do Tecnógeno do Município de São Paulo*. 262 f. Tese (doutorado), Instituto de Geociências da USP, 1996.

PELOGGIA, A. U. G. Geological classification and mapping of technogenic (artificial) ground: a comparative analysis. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, n. 39; v. 2, 2018. p. 1-15.

PELOGGIA, A. U. G. O problema estratigráfico dos depósitos tecnogênicos. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife (PE), *Anais... ABEQUA*, 2003.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. *Revista UNG - Geociências*, v. 16, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G. O Tecnógeno existe? In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Pedro (SP). *Anais... ABGE (CD-ROM)*, 1999. 13p.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, A. A. SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. *Quaternary and Environmental Geosciences*, n. 05, vol. 01, p. 28-40, 2014b

PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; SILVA, R. V.; QUEIROZ, W. Processos de formação de terrenos e relevos tecnogênicos correlativos à urbanização: análise morfoestratigráfica e geoambiental aplicada na bacia do córrego Água Branca, Itaquaquetuba (RMSP). *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, São Paulo, v.19, n.2, (Abr-Jun) p.245-265, 2018.

PELOGGIA, A. U. G.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. In: *Revista Quaternary and Environmental Geosciences*, Curitiba, v.5, n.2, p. 28-40, 2014a.

PELOGGIA, A.U.G. O significado arqueológico dos depósitos tecnogênico-aluviais da bacia do rio Una (Taubaté, SP). *Revista de arqueologia pública*, v. 9, p. 207, 2015.

PENTEADO, M. M. *Fundamentos de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PICA, A.; Luberti, J. M.; Vergari, F.; Fredi, P.; Del Monte, M. Contribution for an urban geomorphoheritage assessment method: proposal from three geomorphosites in Rome (Italy). *Quaestiones Geographicae*. N. 36. V. 3, 2017.

PINTO, I. F. *Datas e notas para a história da Paraíba*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 1977.

PLANO MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA DE JOÃO PESSOA. Coordenação: Lígia Maria Tavares da Silva; Prefeitura Municipal de João Pessoa – João Pessoa: F & A Gráfica e Editora, 2012. 100p.

REYNARD, E.; KAISER, C.; MARTIN, S.; REGOLINI, G. An application for Geosciences communication by smartphones and tablets. In: *Lollino G. et al. (eds), Engineering geology for society and territory*, vol. 8. Springer International Publishing, Switzerland: p. 265–268, 2015.

REYNARD, E.; PICA, A.; CORATZA, P. Urban geomorphological heritage. An overview. *Quaestiones Geographicae*, V. 36, N. 3, p.7-20, 2017.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 17, p. 101-111, 2005.

RODRIGUEZ, J. L. (Org.). *Atlas escolar Paraíba: espaço geo-histórico e cultural*. 4. ed. João Pessoa: Grafset, 2012. 192 p.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 9 ed. – São Paulo: Contexto, 2012.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da taxonomia do Relevo. *Revista do departamento de geografia (USP)*, São Paulo, n.6, p. 17 - 29, 1992.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M.; VIEIRA, B. C. Algumas técnicas de pesquisa em Geomorfologia. In: *Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório* [S.l: s.n.], 2005.

RÓZSA, P. Nature and Extent of Human Geomorphological Impact – A Review. In: SZABÓ, J., DÁVID, L., LÓCZY, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298p.

SANTOS FILHO, R. D. Antropogeomorfologia urbana. In: GUERRA, A. J. T. (Org.) *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 277 p.

SHOU, A. Klimastisk geomorfologi. *Geografisk Tidsskrift*, n. 64, vol. 2, 1965. Pp. 129-161.

SILVA, E. C. N.; DIAS, M. B. G.; MATHIAS, D. T. A abordagem tecnogênica: reflexões teóricas e estudos de caso. *Quaternary and Environmental Geosciences*. 05(1):01-11, 2014.

SILVA, I. *Geomorfologia, Morfoestrutura e Morfotectônica do Nordeste do Estado da Paraíba*. 2020. 232 f. Tese de doutorado – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa: UFPB, 2020.

SILVA, M.; CASTRO, A.; SILVA, B.; SILVEIRA, J.; SILVA, G. Crescimento da mancha urbana na cidade de João Pessoa, PB. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*. V. 22. N. 30, 2015.

SILVEIRA, J. A. R. Percursos e processos da evolução urbana: O caso da avenida Epitácio Pessoa, na cidade de João Pessoa -PB. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

- SOUZA, A. S.; FURRIER, M. Caracterização geomorfológica e ocupação antrópica de zonas costeiras: o caso da Ponta do Seixas, litoral da Paraíba –Brasil. *Revista do Departamento de Geografia –USP*, Volume 30 (2015), p. 166 a 178.
- SOUZA, A. S.; FURRIER, M. Técnicas de mapeamento geomorfológico Aplicadas em escala de detalhe. *Rev. Bras. Geomorfol.* (Online), São Paulo, v.20, n.1, (Jan-Mar) p.89-103, 2019.
- SOUZA, A. S.; FURRIER, M.; NÓBREGA, W. R. Caracterização morfotectônica e morfométrica da folha Itapororoca. *Cadernos de Geociências*, v. 10, n. 2, nov. 2013.
- SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the State of São Paulo Plan for Coastal Management. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 35, 2003. p. 530-547.
- STODDART, D. R. Climatic Geomorphology: review and re-assesment. *Progress in geography*. Vol. 1, 1969. 159-222 p.
- SUDENE. Ministério do Interior. *Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste*. Folhas João Pessoa e Cabedelo. Recife: SUDENE, 1974. Escala 1:25.000.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Desertificação no Brasil: causa antrópica ou natural. In: V Congresso Brasileiro de Geógrafos, 1994, Curitiba. V Congresso Brasileiro de Geógrafos. *Anais*. CURITIBA, PR, 1994, p. 359-365.
- SUGUIO, K. A importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas Afins. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Volume 1, nº 1, 2000. p. 80-87.
- SUGUIO, K. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins / Kenitiro Suguio*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: *International Symposium on Coastal Evolution in The Quaternary*, São Paulo. Special Publication, n. 1, 1978.
- SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. . In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298 p.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. 38: 133-142, 1988.
- TRICART, J. *Principes et méthodes de la Geomorphologie*. Paris, Masson et Cie. Editeurs, 1965.
- VERAS, J. D. D. *Sedimentologia e estratigrafia da Formação Tambaba: Eoceno da Sub-bacia Alhandra, Bacia Paraíba*. 2017. 63 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco: UFPE, 2017.
- VITA-FINZI, C. Physiographic effects of Man. In: *The New Encyclopaedia Britannica*, Macropaedia, 15 (20): p. 22-26, 1993.

VITORINO, J. C.; ANDRADE, M. R. M.; PELOGGIA, A. U. G.; SAAD, A. R.; OLIVEIRA, A. M. S. Terrenos Tecnogênicos do Jardim Fortaleza, bacia hidrográfica do córrego do entulho, Guarulhos (SP): mapeamento geológico, estratigrafia, geomorfologia e arqueologia da paisagem. *Revista UNG – Geociências*, v. 15, n. 2, 2016. p. 3-60.

VITTE, A. C. Breves considerações sobre a história da geomorfologia geográfica no Brasil. ISSN 1981-9021 - *Geo UERJ* - Ano 12, v.1, no .21, 1º semestre de 2010.

WORLD BANK. *Environmental Assessment Sourcebook – Sectoral Guidelines*. Washington, D. C. 1998.

ZALASIEWICZ, J.; WILLIAMS, M.; SMITH, A. et al. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*, v. 18, n. 2, p. 4-8, 2008.

ZAMORA, M. E.; HUERTA, A. H.; MAQUEO, O. P.; BADILLO, G. B.; BERNAL, S. I. Cambio global: el Antropoceno. *Ciencia ergo - sum*, Vol. 23, 2016.



# MAPA GEOMORFOLÓGICO ANTROPOGÊNICO DO SETOR CENTRAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA

## LEGENDA:

**1º Táxon: Morfoestruturas:**  
Sedimentos Quaternários;  
Cobertura Sedimentar de Plataforma (Formação Barreiras);  
Bacia Sedimentar da Paraíba.

**2º Táxon: Morfoesculturas:**  
Baixada Litorânea;  
Baixos Planaltos Costeiros.

### 3º e 4º Táxons: Padrões e Tipos de Formas de Relevô

- A - Acumulação**
- Api - Formas de Planícies intermareais
  - Apf - Formas de Planícies fluviais
  - Atpm - Formas de Terraços e Planícies marinhas
  - Actpf - Formas de Colúvio, Terraço e Planície fluvial
  - Actf - Formas de Colúvio e Terraços fluviais
  - Atpf - Formas de Terraços e Planícies fluviais
- D - Denudação**
- Dt - Denudação com formas tabulares
  - Dc - Denudação com formas convexas
  - 21 - Dimensão interfluvial muito grande e entalhamento dos vales fraco;
  - 31 - Dimensão interfluvial muito grande e entalhamento dos vales médio
  - 41 - Dimensão interfluvial muito grande e entalhamento dos vales forte.

**5º Táxon: Vertentes:**  
Não mapeado

### 6º Táxon: Formas Antropogênicas:

Classe:	Tipo:	Unidade:
Terreno Complexo (Landscape ground)	Área urbana	Ruas e Avenidas
	Topos de Tabuleiros urbanizados	Ferrovias
Terreno Produzido (Made ground)	Aterro	Gárbico
	Depósitos tecnogênicos	Úrbico
		Lítico
		De extrativismo
		Petcoke
		Sedimentar
		Progradação praial
	Fluvial	Ponte
		Curso modificado
		Rio aterrado
		Açude
	Planície tecnogênica	Antigo Lixão do Róger
	Remobilizado	Dolinas
	Relevo cárstico urbanizado	Escavação superficial
Terreno Escavado (Worked ground)	Mineração	Extração de areia
		Argila
		Calcário
	Erosão costeira	Carcinicultura
	Fluvial	Lagoa tecnogênica
		Lagoa de detritos
	Cortes	Ruas e avenidas
	Área agrícola	Terraceamento
		Em curvas de nível
	Vertentes tecnogênicas	Mina preenchida por sedimentos
	Cicatriz de erosão	
	Voçorocas	
Terreno Preenchido (Infilled ground)	Depósito tecnogênico	

**Outros símbolos:**

- Vegetação
- Hidrografia
- Área rural
- Mina Ativa
- Mina Inativa
- Área loteada
- Limite das formas de denudação
- Limite municipal

### Metodologia de classificação do Relevô por meio dos Táxon de Ross (1992):

