



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

RODOLFO ALEXANDRE DA SILVA GOMES DE DEUS

**ANÁLISE DE PROCESSOS EROSIVOS NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO
DE GARANHUNS - PE**

JOÃO PESSOA

2021

RODOLFO ALEXANDRE DA SILVA GOMES DE DEUS

**ANÁLISE DE PROCESSOS EROSIVOS NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO
DE GARANHUNS – PE**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB), sob a orientação do Professor Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

JOÃO PESSOA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D486a Deus, Rodolfo Alexandre da Silva Gomes de.
Análise de processos erosivos na zona urbana do
município de Garanhuns - PE / Rodolfo Alexandre da
Silva Gomes de Deus. - João Pessoa, 2021.
109 f. : il.

Orientação: Eduardo Rodrigues Viana de Lima.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Erosão. 2. Processos erosivos - zona urbana -
Garanhuns/PE. 3. Aerofotogrametria. 4.
Geoprocessamento. I. Lima, Eduardo Rodrigues Viana de.
II. Título.

UFPB/BC

CDU 551.3.053(043)



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

4

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DA DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO ALUNO
RODOLFO ALEXANDRE DA SILVA GOMES DE
DEUS, CANDIDATO AO TÍTULO DE MESTRE EM
GEOGRAFIA, NA ÁREA DE TERRITÓRIO
TRABALHO E AMBIENTE.

Aos 09 (nove) dias do mês de fevereiro de 2021, às 8:00 (oito) horas, através da Plataforma Google Meet, reuniram-se em caráter de solenidade pública, os membros da comissão designada para avaliar Rodolfo Alexandre da Silva Gomes de Deus, candidato ao grau de mestre em Geografia, na área de Território, Trabalho e Ambiente. Foram componentes da banca examinadora, os professores Eduardo Rodrigues Viana de Lima (orientador) - Doutor em Geografia; Bartolomeu Israel de Souza (examinador interno) - Doutor em Geografia e Daniel Dantas Moreira Gomes (examinador externo) - Doutor em Geologia, sendo o primeiro e o segundo integrantes do corpo docente da UFPB e o terceiro integrante do corpo docente da UFCE. Dando início aos trabalhos, o Presidente da banca, Prof. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, após declarar os objetivos da reunião, apresentou o candidato, a quem concedeu a palavra para que dissertasse, oral e sucintamente, sobre o tema apresentado, intitulado **“ANÁLISE DE PROCESSOS EROSIVOS NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE GARANHUNS-PE”**. Após discorrer sobre o referido tema, o candidato foi arguido pelos examinadores, na forma regimental. Ato contínuo, passou a comissão em caráter secreto, a proceder a avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito Aprovado. Face à aprovação, declarou o Presidente achar-se o avaliado, legalmente habilitado a receber o Grau de mestre em Geografia, cabendo à Universidade Federal da Paraíba, providências como de direito, à expedição do Diploma a que o mesmo fez jus. Nada mais havendo a tratar, eu, Sônia Maria do Nascimento, na qualidade de secretária, lavrei a Ata, que submeto a aprovação da Comissão Examinadora.

Sônia Maria do Nascimento

Secretária

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Orientador

Bartolomeu Israel de Souza

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

Examinador interno

DANIEL DANTAS MOREIRA GOMES

Prof. Dr. Daniel Dantas Moreira Gomes

Examinador externo

À minha esposa Ylaine Tainah Pereira da Silva,
meus pais Marcos Antonio Gomes de Deus e Vilma
Maria da Silva Gomes de Deus, e à minha irmã Maria
Olivia Gomes de Deus Huber. Por todo apoio, amor,
carinho e compreensão ao longo de todos esses
anos.

DEDICO

“Ando devagar porque já tive pressa e levo esse sorriso porque já chorei demais. Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe, só levo a certeza de que muito pouco sei ou nada sei...”

(Almir Sater)

AGRADECIMENTOS

Ao divino que habita em mim e me liga ao universo, aquele que sempre me guiou pelos melhores caminhos, abençoando minhas escolhas, além de me fortalecer nos momentos mais difíceis e iluminar minha mente para um melhor discernimento sobre tudo.

À minha esposa Ylaine Tainah Pereira da Silva, por todo amor e compreensão fornecidos não somente nos dias atuais, mas em todos os dias, desde que a conheci e pude me tornar uma pessoa melhor, sempre buscando evoluir cada vez mais.

Aos meus pais, Marcos Antonio Gomes de Deus e Vilma Maria da Silva Gomes de Deus, bem como minha irmã, Maria Olivia Gomes de Deus Huber, e cunhado, Marc Aurélio Araújo Huber, por me auxiliarem ao longo de toda a vida até os dias atuais e por toda força e carinho que me fornecem.

Ao professor, orientador e amigo Doutor Eduardo Rodrigues Viana de Lima, por toda calma, paciência e disponibilidade para ensinar e repassar seu conhecimento para mim durante todo esse tempo em que trabalhamos juntos, por todas as explicações que iluminaram o caminho percorrido.

A todos os professores, servidores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Geografia, que fizeram e fazem parte da minha caminhada e foram de imensa ajuda para meu crescimento profissional. Em especial a Bartolomeu Souza, Doralice Maia e Sônia do Nascimento, por todas as conversas que serviram como abertura de novos caminhos a serem trilhados nessa jornada acadêmica, além das explicações mais do que esclarecedoras sobre diversos aspectos, não só da academia, como também da vida.

À Universidade Federal da Paraíba por ter me acolhido como estudante e oferecido todo tipo de oportunidades e vantagens para que eu me desenvolvesse, por toda sua disponibilidade de locais para escrita e propriedades únicas que possibilitaram o desenvolvimento desse trabalho e meu avanço enquanto profissional.

À CAPES pela concessão de bolsa acadêmica, que foi bastante importante para o meu estabelecimento na cidade de João Pessoa, posto que sem esse tipo de investimento não teria sido possível nem mesmo minha permanência no programa de pós-graduação da UFPB.

RESUMO

Esta pesquisa buscou explicar e entender não somente o comportamento dos processos erosivos na zona urbana da área em questão, como também que interações existem entre esses e a ação antrópica local, através do modelo teórico sistêmico e das leis e conceitos fornecidos pela teoria geral dos sistemas. A hipótese escolhida como norteadora da pesquisa é a de que a ação antrópica estaria atuando como um agente intensificador daquilo que é considerado um elemento que ocorre de forma natural, o processo erosivo. Esse estudo se justifica pela sua importância de cunho social, visto que, por buscar analisar processos erosivos em caráter de avanço em zonas urbanas, o mesmo passa a servir como suporte teórico e científico para a gestão municipal ou estadual para que, porventura, possa intervir nos quadros de fragilidade localizados através dos resultados aqui apresentados. O trabalho buscou identificar amostras de processos erosivos em caráter de avanço na zona urbana do município, através da aerofotogrametria, uma vez que, de acordo com a bibliografia consultada no fomento da pesquisa, tais alvos são considerados pequenos quando falamos do potencial de utilização das ferramentas tradicionais. Assim sendo, a utilização da aerofotogrametria foi crucial tanto para definir os alvos como para melhor analisá-los, tendo por objetivo realizar uma análise integrada de aspectos naturais e sociais no município de Garanhuns, estado de Pernambuco, nos dias atuais. O sensoriamento remoto e o geoprocessamento, através do processamento digital das imagens, atuaram como ferramentas deveras eficazes para obtenção das informações discutidas ao longo da pesquisa, somente por meio deles foi possível obter diversos tipos de dados dos alvos de estudo. O trabalho de campo acrescentou veracidade aos dados analisados, uma vez que por meio dele foi possível perceber de forma mais clara a realidade apresentada em ambiente computacional, além de ter sido possível observar *in loco* a relação existente entre a ação antrópica e os processos erosivos, viabilizando dessa forma a concretização da hipótese norteadora. Isto foi possível pois em campo observou-se que a população não toma os cuidados necessários para com os processos erosivos, tendo atitudes que intensificam ainda mais os mesmos, como, por exemplo, construções irregulares, acúmulo de lixo e ocupações indevidas. Por fim, através de um levantamento histórico da ocupação urbana no município, bem como da análise cartográfica de características naturais do mesmo, foi possível constatar que Garanhuns naturalmente já possui propensão a processos erosivos, visto que fatores como clima, pluviosidade, declividade, tipo de solo, dentre outros, acabam criando um ambiente naturalmente propício, não só ao surgimento, como também ao avanço desses, e a ação antrópica, por sua vez, atua como agente intensificador desse processo natural. Desse modo a hipótese da pesquisa foi comprovada, e o trabalho deixa como contribuição científica um mapeamento de risco morfológico à erosão na zona urbana do município, para que as próximas atitudes que possam ser tomadas pela população, academia ou poder público visando mitigar ou entender os possíveis danos desses avanços dos processos erosivos, sejam mais assertivas e embasadas teórica e cientificamente.

Palavras-Chave: Processos Erosivos, Zona Urbana, Aerofotogrametria.

ABSTRACT

This research sought to explain and understand not only the behavior of erosive processes in the urban zone of the area in question but also what interactions exist between these and local anthropic action, through the systemic theoretical model and the laws and concepts provided by the general theory of systems. The hypothesis chosen to guide the research is that anthropic action would be acting as an intensifier agent of what is considered a naturally occurring element, the erosive process. This study is justified by its social importance, since, by analyzing erosive processes in urban areas, it will serve as theoretical and scientific support for municipal or state management, so that they can intervene in the fragility pictures located through the results presented here. The work sought to identify samples of advancing erosive processes in the urban area of the municipality, through aerophotogrammetry, since, according to the bibliography consulted in the promotion of the research, such targets are considered small when it comes to the potential use of traditional tools. Therefore, the use of aerophotogrammetry was crucial both to define the targets and to better analyze them, aiming to perform an integrated analysis of natural and social aspects in the municipality of Garanhuns, State of Pernambuco, nowadays. Remote sensing and geoprocessing, through the digital processing of images, acted as very effective tools for obtaining the information discussed throughout the research. The fieldwork added veracity to the data analyzed, since, through it, it was possible to perceive more clearly the reality presented in the computational environment, and to observe in loco the relationship between human action and the erosive processes, thus making it possible to concretize the guiding hypothesis. This was possible because it was observed in the field that the population does not take the necessary care with erosive processes, having attitudes that intensify them even more, such as, for example, irregular constructions, garbage accumulation, and improper occupations. Finally, through a historical survey of the urban occupation of the municipality, as well as the cartographic analysis of its natural features, it was possible to verify that Garanhuns is naturally prone to erosive processes, given that factors such as climate, rainfall, slope, soil type, among others, end up creating a naturally favorable environment, not only for the emergence, but also for the advancement of these processes, and anthropic action, in turn, acts as an intensifier agent of this natural process. In this way, the research hypothesis was proven, and the work leaves as a scientific contribution a mapping of morphological risk to erosion in the urban area of the city, so that the next attitudes that can be taken by the population, academy or public power in order to mitigate or understand the possible damages from these advances in erosive processes are more assertive and theoretically and scientifically based.

Keywords: Erosive Processes, Urban Zone, Unmanned Aerial Vehicles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização da zona urbana do município de Garanhuns – PE.....	17
Figura 02: Fórmula CARMOE.....	48
Figura 03: Fluxograma Metodológico.....	50
Figura 04: Fluxograma Analítico dos Resultados.....	52
Figura 05: Vista Panorâmica da Avenida Santo Antônio Garanhuns – PE, em 07/1930.....	53
Figura 06: Vista Panorâmica de Garanhuns – PE, em 1955.....	54
Figura 07: Vista Panorâmica da Avenida Santo Antônio Garanhuns – PE, em 1955.....	54
Figura 08: Dados de Declividade da Rua Manoel Clemente.....	55
Figura 09: Vista Panorâmica da Avenida Santo Antônio Garanhuns – PE, em 1955.....	56
Figura 10: Probabilidade diária de precipitação anual em Garanhuns – PE.....	59
Figura 11: Chuva mensal média anual em Garanhuns – PE.....	59
Figura 12: Diagrama Ombrotérmico – Garanhuns PE.....	60
Figura 13: Mapa pluviométrico da zona urbana do município de Garanhuns - PE.	61
Figura 14: Solos de Garanhuns - PE.....	64
Figura 15: Mapa de Solos da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE...65	
Figura 16: Mapa da Declividade.....	68
Figura 17: Mapa de Declividade da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.....	69
Figura 18: Mapa Hipsométrico do Município de Garanhuns – PE.....	71
Figura 19: Modelo Digital de Elevação do Município de Garanhuns – PE.....	72
Figura 20: Geologia de Garanhuns – PE.....	75
Figura 21: Mapa geológico da zona urbana do município de Garanhuns – PE...76	
Figura 22: Mapa Geomorfológico de Garanhuns – PE.....	79
Figura 23: Mapa da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.....	81
Figura 24: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Pau Pombo.....	82
Figura 25: Lavoura na Voçoroca do Pau Pombo.....	83

Figura 26: Mapa da Voçoroca nas Proximidades do Parque Ruber Van Der Linden no Município de Garanhuns – PE.....	84
Figura 27: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca da Liberdade...	85
Figura 28: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca da Liberdade...	86
Figura 29: Área de Rede de Esgoto na Voçoroca da Liberdade.....	86
Figura 30: Mapa da Voçoroca no Bairro da Liberdade do Município de Garanhuns – PE.....	87
Figura 31: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Parque Fênix.....	88
Figura 32: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Parque Fênix.....	89
Figura 33: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Parque Fênix.....	89
Figura 34: Marcas de Fragilidade na Voçoroca do Parque Fênix.....	90
Figura 35: Área de Lavoura na Voçoroca do Parque Fênix.....	90
Figura 36: Mapa da Voçoroca no Bairro Parque Fênix do Município de Garanhuns – PE.....	92
Figura 37: Mapa da Curvatura Horizontal da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.....	95
Figura 38: Mapa da Curvatura Vertical da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.....	96
Figura 39: Mapa da Orientação de Vertentes na Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.....	97
Figura 40: Carta de Avaliação do Risco Morfológico à Erosão – CARMOE, na Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Notas atribuídas para cada tributo das variáveis.....	49
Tabela 02: Peso de Influência para cada variável.....	49
Tabela 03: Média Mensal do Monitoramento Pluviométrico de 2016 a 2018.....	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	012
1.1 Localização da área de estudo	016
1.2 Objetivos	019
Objetivo Geral	019
Objetivos Específicos	019
2. REVISÃO DE LITERATURA	020
2.1 Processos Erosivos	020
2.1.2 Processos Erosivos em Garanhuns	027
2.2 Urbanização	029
2.2.1 Urbanização de Garanhuns	031
2.2.2 Processos Erosivos Urbanos	034
2.3 Imagens Aéreas	036
2.3.1 Sensoriamento Remoto	036
2.3.2 Fotogrametria	038
2.3.3 Veículos Aéreos Não Tripulados	039
2.3.4 Imagens de Alta Resolução	039
3. METODOLOGIA	041
3.1 Procedimentos Metodológicos	044
3.1.1 Imagens Orbitais	044
3.1.2 Dados Geocartográficos	044
3.1.3 Programas Utilizados	045
3.1.4 Ferramentas Utilizadas	045
3.1.5 Trabalho de Campo	046
3.1.6 Elaboração do Banco de Dados em ambiente SIG	046
3.1.7 Processamento Digital de Imagens	046
3.1.8 Processos Erosivos	047
3.1.9 CARMOE – Carta de Avaliação do Risco Morfológico à Erosão	048
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	050
4.1 Análise Histórica	052
4.2 Análise Fisiográfica	057
4.2.1 Clima	057
4.2.2 Hidrografia e Pluviometria	058
4.2.3 Solos	062
4.2.4 Declividade	066
4.2.5 Hipsometria	070
4.2.6 Geologia	073
4.2.7 Geomorfologia	077
4.2.8 Processos Erosivos	080
4.3 Análise de Risco Morfológico à Erosão	094
CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS	104

1. INTRODUÇÃO

A erosão atua transformando os solos através da retirada, reposição ou transporte de sedimentos na superfície terrestre. Esse processo faz parte do dinamismo existente no próprio solo e na sua interação com outros elementos naturais, como a água, o vento etc. É importante ressaltar a ideia de erosão como processo natural, para que não seja propagada de forma equivocada a informação de que a ação antrópica é o agente causador da erosão.

A relação da erosão com a ação antrópica, gira em torno do papel do homem enquanto agente acelerador dos seus processos, tornando o processo erosivo, que antes seria natural, em uma erosão acelerada, ou seja, a ação antrópica atua como agente catalisador da intensificação de um processo natural.

Considerando a relação entre o homem e os processos erosivos, Nascimento (1994) exprime que a erosão existe em condições naturais e que há sempre no meio ambiente a busca por um equilíbrio entre a formação dos solos - a pedogênese - e a erosão - a morfogênese. Apesar disso, a autora informa que esse equilíbrio dificilmente é mantido quando o homem, com sua “promíscua” convivência com a natureza, apropria-se do relevo e acaba por intensificar processos como a erosão, além de danificar o solo e prejudicar a capacidade de recuperação do mesmo.

É comum associar processos erosivos a ideia de degradação e situação caótica ou que gera riscos, mas é necessário desmistificar esses pensamentos errôneos e encarar a erosão como um processo que ocorre de forma natural no meio ambiente, observando que essa apenas passa a oferecer algum risco quando em situação já avançada e na presença de população. Por conta desses fatores, as erosões encontradas em zonas urbanas merecem maior atenção.

Diante do exposto, e visto que a ação antrópica atua de forma cada vez mais desordenada sobre o meio ambiente, sem nenhum planejamento ou manejo adequado, é perceptível a necessidade de buscar identificar, conhecer e entender esses processos erosivos, principalmente aqueles que podem ser encontrados em zonas urbanas, visando agir de forma a mitigar os danos que possam ser gerados mediante as atuações predatórias do homem e seu modelo atual de ações para com o meio ambiente.

No tangente aos processos erosivos em zonas urbanas, é necessário um nível maior de atenção, pois esses ocupam áreas menores quando comparados à totalidade do município ou àqueles que ocorrem em zonas rurais, sem a presença ativa do homem como intensificador do processo. Dessa forma, os processos erosivos urbanos devem ser monitorados e acompanhados com determinada frequência, posto que podem vir a se tornar problemas de categoria bem maior, além de oferecer verdadeiros motivos de preocupação à população local.

As erosões que ocorrem em áreas urbanas requerem maior preocupação devido à presença do homem, bem como ao fato de que a constante aceleração de tais processos pode gerar problemas graves à vida da população que ali se encontra. Partindo desse princípio, buscar entender como esses processos erosivos em zonas urbanas ocorrem e se relacionam com a presença do homem é algo de vital importância para planejamentos ambientais, urbanos ou qualquer trabalho dessa natureza, visto que o problema é bastante comum e carece de estudos mais detalhados.

Para melhor entender essas relações estabelecidas, a presente pesquisa parte do pressuposto de que a ocupação urbana atua como agente catalisador da aceleração dos processos erosivos que são encontrados no meio urbano da área estudada. Essa concepção é considerada a hipótese norteadora deste trabalho, conceito esse, bem definido por Lakatos e Marconi (2003) quando dizem que, nada mais é do que uma suposta, provável e provisória resposta a um problema, cuja adequação será verificada por meio da pesquisa.

Sobre essa questão Martini et al. (2006) afirmam que é inegável a importância dos processos erosivos, portanto avaliar as possibilidades de melhor atuar sobre eles é crucial para qualquer tipo de planejamento. Assim, o mapeamento e a análise desses processos erosivos assumem uma posição de importância acentuada, visto que por meio desses é possível conhecer todo o quadro real da situação e planejar melhor as ações que devem ser adotadas.

Para o entendimento dos processos erosivos em geral, é necessária a utilização de ferramentas que possam oferecer um maior conhecimento acerca desses, buscando embasar a tomada de decisões que será responsável pela mitigação dos danos que eles possam causar. Mas quando se fala das erosões

encontradas em zonas urbanas a escolha das ferramentas deve ser minuciosa visto que elas possuem características distintas das erosões encontradas em zonas rurais.

Rodrigues (2016) afirma que erosões e processos erosivos em zonas urbanas geralmente ocorrem em áreas pequenas e sofrem uma alteração mais acentuada em períodos de maior pluviosidade. Dessa forma, o uso de ferramentas tradicionais se torna inadequado, visto que a espacialização das erosões influencia totalmente no processo de captação de dados de quaisquer ferramentas.

Isso posto, se faz necessária uma reavaliação das ferramentas tradicionais utilizadas nos estudos desses processos, para que novas ferramentas ganhem espaço e possam ser empregadas de uma melhor forma, visando atingir com maestria o objetivo e fornecendo dados verídicos e eficazes para atuação no manejo desses processos erosivos.

Rodrigues (2016) ressalta ainda que no estudo de processos erosivos urbanos o monitoramento por meio de métodos tradicionais se torna dificultoso, e assim ferramentas modernas possibilitam uma melhor aquisição de dados a respeito da área e atuam de forma mais diligente nas avaliações que, porventura, possam ser realizadas através dos dados fornecidos por esse novo ferramental.

Estudos adequados sobre processos erosivos em zonas urbanas são dificilmente encontrados, devido às técnicas disponíveis ao longo dos anos. Levantamento planialtimétrico ou dados altimétricos como SRTM ou ASTER, acabam por não fornecer dados necessariamente satisfatórios por não possibilitarem análises mais precisas e adequadas dos alvos, além de não fornecerem uma resolução temporal suficientemente boa para embasamento.

Visto que as erosões urbanas são influenciadas de forma diferente daquelas encontradas em zonas não habitadas, é necessária a utilização de métodos que possibilitem uma maior resolução temporal para constante revisita do alvo, permitindo, dessa forma, uma observação minuciosa e detalhada da evolução ou transformações sofridas, já que as mesmas ocorrem de forma mais acentuada devido a fatores como a constante atuação do homem como agente acelerador dos processos naturais.

Mediante as dificuldades apresentadas pelos métodos tradicionais para obtenção de dados apropriados sobre os processos erosivos localizados em

zonas urbanas, é recomendado o uso de ferramentas mais recentes que se adequem às necessidades que possam se apresentar nesse tipo de análise. A aerofotogrametria se destaca como uma alternativa bastante eficaz para solucionar essa defasagem exposta pelas ferramentas antigas. Ela pode operar de forma mais recomendada, visto que possibilita uma renovação na aquisição de dados, atuando melhor em diversos aspectos, como, por exemplo, a resolução temporal.

Silva et al. (2015) mostram que o uso de imagens adquiridas por VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) através da aerofotogrametria possibilita vários benefícios e se aplica bem a áreas de pequenas dimensões. A aerofotogrametria se constitui como uma ferramenta indicada para realização de tais estudos, visto que proporciona a obtenção de dados de forma mais rápida, com melhor resolução espacial e possibilita a revisita com maior frequência ao alvo para análise mais completa em curto espaço de tempo, como períodos anteriores e posteriores a chuvas. Além disso, a análise da realidade geomorfológica pode ser melhor executada em razão da possibilidade de aumento da acurácia com pontos de controle previamente coletados na área de estudo.

Toda a problemática apresentada por ferramentas antigas, passa a ter solução com o uso da aerofotogrametria, pois ela permite a obtenção de dados por meio de imagens de alta resolução espacial, que atuam em escalas que se enquadram de uma melhor forma na realidade dos processos erosivos encontrados nas zonas urbanas. Outras vantagens apresentadas são o baixo custo e a facilidade de operação quando comparado com métodos convencionais, atuando assim como tecnologia de maior acessibilidade, que acaba por oferecer melhor qualidade de resultados e maiores possibilidades de análises para trabalhos realizados em pequenas áreas e em curto espaço de tempo.

A área escolhida para o desenvolvimento dos estudos propostos neste trabalho foi a zona urbana do município de Garanhuns, no Agreste pernambucano, que apresenta uma proeminente realidade erosiva em virtude de diversos fatores como sua localização geográfica e seu regime bastante acentuado de pluviosidade, tudo isso somado ao intenso uso e ocupação do solo de forma desordenada, sem nenhum tipo de planejamento prévio que seja adequado a realidade geomorfológica da cidade.

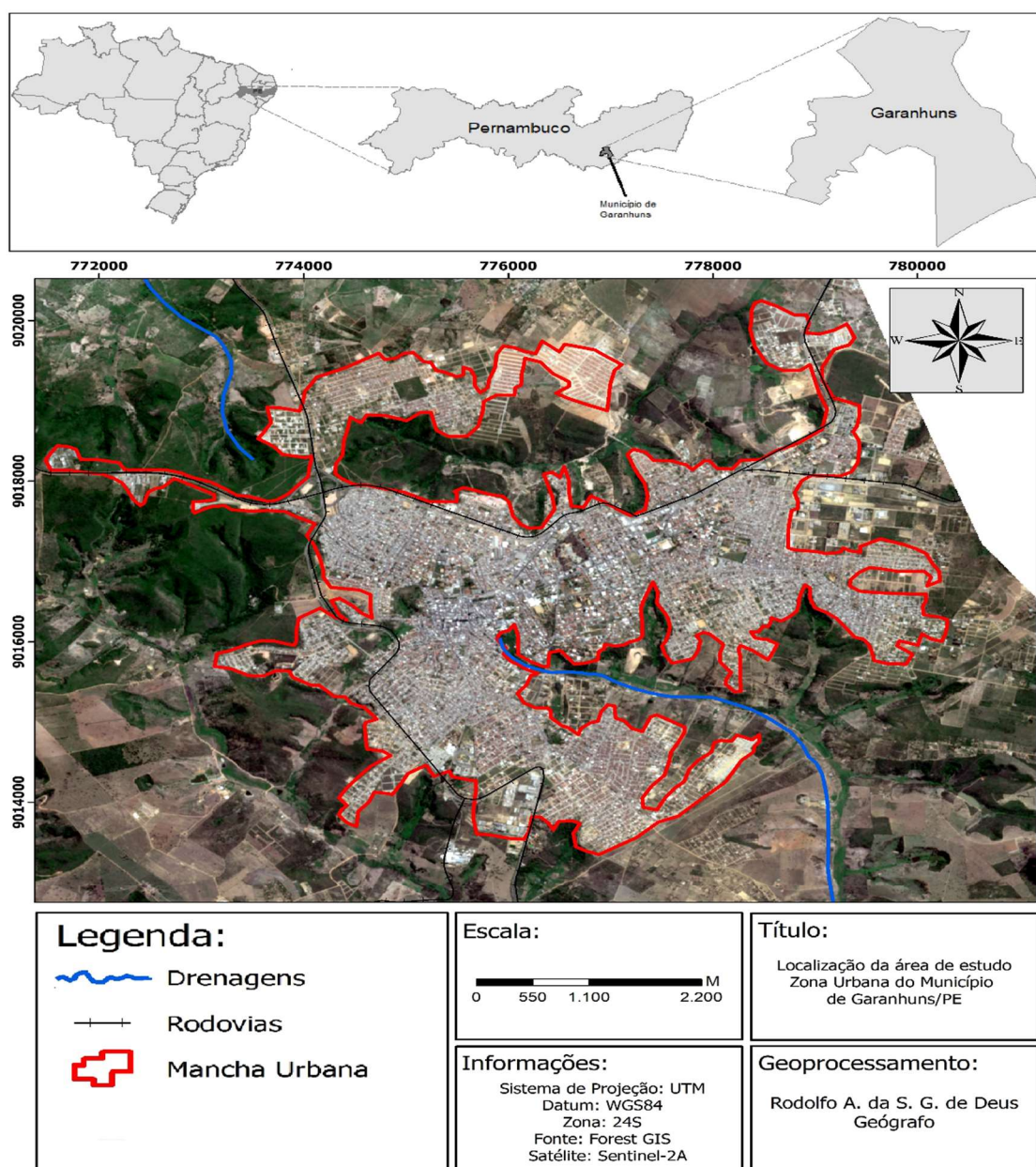
Garanhuns apresenta uma dinâmica relevante de seus processos naturais em confluência com os processos antrópicos. Considerando isso, é necessária a realização de estudos voltados aos processos erosivos urbanos que possam ser encontrados na cidade, visando observar o quadro real da situação e entender como essa relação entre processos erosivos e ação antrópica está se dando, para que assim possam ser adotadas medidas em prol de melhorias.

Para além do já exposto, vale salientar que a pesquisa aqui realizada apresenta importância de cunho social, visto que a mesma tem por objeto de estudo a zona urbana de um município, buscando não só mapear mas entender o processo de evolução de alguns processos erosivos em estado avançado que podem ser encontrados na área.

1.1 Localização da área de estudo

O município de Garanhuns, localiza-se entre os paralelos 8° 52' 0"/ 8° 56' 0" S e os meridianos 36° 2' 30"/ 36° 31' 30" W, na microrregião de Garanhuns, que situa-se no Agreste do estado de Pernambuco, o mesmo possui 459,0781Km² de área territorial como bem representado na Figura 01, onde foram utilizadas as bandas 04, 03, e 02 do satélite Sentinel-2A de 06/05/2019 para fazer a composição da cor real do município.

Figura 01: Mapa de localização da zona urbana do município de Garanhuns - PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

O município de Garanhuns no estado de Pernambuco, se localiza numa microrregião do Agreste pernambucano que recebe seu próprio nome, sendo o centro de toda microrregião. Dessa forma, é possível observar na realidade do objeto de estudo que os municípios vizinhos e outros além, constituem parte integrante dos seus fluxos de interação, o que faz dele uma cidade polo que atrai pessoas das cidades vizinhas e de toda a região, uma vez que na cidade é possível encontrar a ampla maioria de serviços utilizados pela população, como por exemplo: faculdades, universidades, hospitais, rodovias, gerências regionais

de saúde, segurança, educação, agência de trabalho dentre outros serviços essenciais para a dinâmica populacional local.

Sobre suas características físico-naturais é interessante destacar os apontamentos de Andrade (2003, 2009) quando mostra que o município possui uma estrutura geológica de terrenos ígneos e metamórficos do pré-cambriano, formações essas que em tempos antigos foram acometidas por dobramentos e falhamentos, que hoje se relacionam com compartimentação gerada pelo Planalto da Borborema.

Barbosa et al. (2016) mostram que por se localizar em uma área de transição, o município apresenta determinadas características tanto de clima tropical quente e úmido, quanto de clima tropical quente e seco, onde não é possível se configurar os valores extremos de cada tipo. A temperatura média anual, de acordo com os autores, está entre 20,1 e 22,0 °C, enquanto a pluviosidade está entre 751 – 1000 mm anuais, e as altitudes podem ser encontradas de 601 e 800 m nas áreas mais baixas e de 801 e 1000 m nas mais altas.

Os autores destacam ainda que Garanhuns possuía cobertura vegetal primitiva composta por floresta subperenifólia, caatinga hipoxerófila e floresta subcaducifólia. Já no âmbito dos recursos hídricos, o município está inserido na unidade de planejamento Mundaú de bacias hidrográficas G14, e seus rios são Mundaú e alguns tributários como: Canhoto, Inhaúmas, Riacho do Mel, Corrente, Conceição e Salgado (CONDEPE/FIDEM, 2011).

Amador (2012) em seu artigo sobre os parques urbanos do município, corrobora quando nos apresenta um quadro geral da economia local, onde ao longo dos anos o destaque do município sempre foi na agropecuária e no comércio, áreas essas que foram alavancadas pelo estabelecimento da estação ferroviária em 1887 que ligava o município a capital do estado. Nos dias atuais, a autora destaca que as principais atividades econômicas estão ligadas ao setor terciário, além dos serviços e do próprio comércio local, que crescem de forma proporcional ao constante fluxo de pessoas encontrado na cidade.

Esse fluxo atua como agente impulsionador do crescimento urbano, esse que por sua vez atua diretamente no aumento dos processos erosivos urbanos, visto que a gestão municipal não se preocupa em mitigar os danos para a

população, além de ser perceptível o aumento da propagação imobiliária que, por sua vez, afeta ainda mais as erosões encontradas na zona urbana.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral

Analisar as relações estabelecidas entre os processos erosivos e a ação antrópica na área urbana do município de Garanhuns – PE.

Objetivos Específicos

- Identificar processos erosivos existentes na zona urbana;
- Reconhecer como a ação antrópica intensifica tais processos;
- Apresentar a problemática gerada através dessas interações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Processos Erosivos

A erosão é um processo natural que ocorre no meio ambiente, no qual, por meio da ação de agentes erosivos, o solo é desgastado e descompactado de forma a constituir seu próprio ciclo. Silva (2015) corrobora dizendo que erosões ocorrem na superfície terrestre de forma natural, onde elas são controladas basicamente por elementos também naturais como os geológicos, pedológicos, climáticos etc.

De acordo com Magalhães (2001), a erosão é um processo mecânico que age em superfície e profundidade em certos tipos de solo e sob determinadas condições físicas, naturalmente relevantes, tornando-se críticas pela ação catalisadora do homem. Ainda de acordo com o autor, o processo da erosão é caracterizado pela desagregação, transporte e deposição de partículas originadas do próprio solo, subsolo ou rochas em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras.

Ranhe et al. (2012) colaboram informando que os processos erosivos ocorrem de forma espontânea devido à dinâmica natural do planeta, mas nos dias de hoje tais eventos podem se tornar acelerados a partir das relações que o homem estabelece com o solo, sendo o avanço da tecnologia proporcional à intensificação das ações antrópicas.

Os processos erosivos, apesar de se constituírem como elementos cruciais para a manutenção do equilíbrio existente na natureza, podem vir a se tornar processos acelerados a partir das ações antrópicas, onde o homem, através de seus manejos inadequados e falta de cuidados para com o meio ambiente, acaba agindo de forma a intensificar o processo da erosão. Recanatesi et al. (2013) e Xiong et al. (2018) *apud* Deng et al. (2020) apontam que a erosão do solo tem sido reconhecida como uma grave ameaça ambiental que não apenas diminui o solo na questão da fertilidade e produtividade, mas também acaba poluindo ambientes aquáticos.

Para Magalhães (2001) a erosão se classifica em diversos tipos, sendo a do tipo acelerada, supracitada, decorrente do acréscimo gerado por fatores diversos sobre a erosão considerada natural, gerando assim desequilíbrio

ambiental. Mas ainda existem, de acordo com o autor, outros fatores importantes relacionados com os processos erosivos, que merecem ser ressaltados aqui, como o caso da erosão hídrica, originada a partir das ações da água como agente desagregador do solo, a geológica ou normal que seria aquela que ocorre em condições naturais, a bruta que se apresenta como a quantidade total de material que foi desprendido pelos agentes em uma determinada área em determinado tempo, além de elementos como a taxa de erosão e os sedimentos, onde a primeira se configura como a razão na qual o solo é removido a partir de uma dada área e os segundos nada mais são do que o produto originado pela erosão, seja ela de qualquer tipo.

A erosão hídrica, para Chaves et al. (2012), é causada principalmente por chuvas de alta intensidade, ou ainda por um uso impróprio de ferramentas voltadas para o processo de irrigação que, por sua vez, acabam jogando ao solo quantidades de água que superam sua capacidade natural, formando a partir disso o escoamento superficial. Sobre as erosões hídricas é interessante notar as concepções de Andrade et al. (2006) que apresentam e diferenciam os tipos, conceituando-os:

Erosão por salpico – processo pelo qual as partículas dos solos são desagregadas na superfície graças ao impacto direto das gotas das chuvas, ocasionando o entupimento dos poros do solo e a formação de uma superfície selante, aumentando muito a velocidade e a intensidade do escoamento.

Erosão laminar – com as partículas de solo desprendidas pelo processo de salpico, elas são facilmente carregadas pelas águas que escorrem superficialmente pela área. Dessa forma, o solo vai perdendo sua camada superficial, mais rica em matéria orgânica e nutrientes, de forma bem homogênea, comprometendo o desenvolvimento da cobertura vegetal e deixando o solo cada vez mais exposto a ação erosiva das enxurradas.

Erosão em sulcos – na medida em que o escoamento superficial aumenta e ocorre a concentração de água em alguns pontos do terreno, iniciam-se pequenas incisões no solo que podem ir aumentando de tamanho e formando sulcos (cicatrizes) de diferentes larguras e profundidades. A evolução dos sulcos vai dar origem às ravinas, que são basicamente o mesmo tipo de feição erosiva, porém de tamanho maior. Ambos os processos tendem a evoluir encosta abaixo.

Deslizamentos de terras – constituem movimentos rápidos, de grandes quantidades de material. Ocorrem normalmente como consequência da existência de descontinuidade no perfil do solo, de trabalhos geotécnicos imperfeitos (taludes) e da própria dinâmica de áreas com relevo acidentado.

Voçorocas – constituem o estágio mais avançado de erosão e, portanto, mais difícil de ser contida. São produtos de águas superficiais que, correndo na superfície, provocam desgaste, desbarrancamentos, arrastamentos de solos etc. (ANDRADE et al., 2006)

Dentro dessa discussão, Magalhães (2001) elenca que a erosão hídrica se manifesta realmente de três formas: erosão laminar, ravinamento e sulcos ou voçorocas. Para o autor a erosão laminar é caracterizada pelo desgaste e arraste uniforme e suave de toda extensão que estiver sujeita ao agente erosivo. Nascimento (1994) dialoga apresentando as etapas sequenciais dos avanços de uma erosão, quando mostra que tudo se origina a partir do escoamento concentrado das águas das chuvas ou da água servida. Para ela, essas ocasionam sulcos na superfície, que evoluem para ravinas e, por sua vez, a partir de contribuições constantes e aceleradas do escoamento superficial, evoluem para voçorocas. A matéria orgânica e as partículas de argila são as primeiras porções do solo a se desprenderem, sendo as partes mais ricas e com maiores quantidades de nutrientes para as plantas (MAGALHÃES, 1995).

Já o processo de ravinamento se dá geralmente quando, ainda de acordo com Magalhães (1995), os terraços e as curvas de nível não são dimensionados adequadamente, ou seja, isso acaba por favorecer a formação rápida dos sulcos, processos anteriores às ravinas, sendo a partir daí que a velocidade acelerada e concentrada da água nesse ponto específico irá formá-las. Para Baccaro (1994), o ravinamento nada mais é que o canal de escoamento pluvial de forma concentrada, esse que, por sua vez, apresenta feições erosivas de traçados acentuados devido ao escoamento superficial e enxurradas, aumentando cada vez mais de tamanho.

A voçoroca é formada quando a enxurrada se concentra em depressões mal protegidas e a água escoar de forma volumosa por grandes períodos, adquirindo velocidade acima do normal, configurando no estágio mais avançado de erosão (SILVA et al., 2015). Magalhães (2001) contribui apresentando a voçoroca como o estágio mais avançado da erosão acelerada, processo que corresponde à transição paulatina do processo de ravinamento, até chegar em um lençol freático, e a partir de então emergirem as águas que antes seriam consideradas subterrâneas. O autor ainda define três tipos de voçorocas, ovoides, coalescentes e lineares. Sobre suas definições ele apresenta:

As formas ovoides são mais típicas e apresentam a configuração de um anfiteatro de paredes íngremes na parte superior e um canal estreito à jusante. As formas coalescentes são constituídas por mais de um anfiteatro à montante, sendo resultante de reentrâncias nas paredes laterais, que evoluem de forma independente. As formas lineares apresentam um grande desenvolvimento longitudinal,

assemelhando-se a um cânion, mas reminando igualmente por um canal estreito. (MAGALHÃES, 2001)

Nascimento (1994) apresenta a definição da origem do termo “voçoroca” quando mostra que ele se origina do tupi-guarani e significa “terra rasgada” ou “rasgão no solo”, e essa forma de processo erosivo pode ser conhecida por diversos nomes e alcunhas, como: buracão, grota, boçoroca etc. Suas dimensões podem ser de grande escala e apresentar dezenas de metros em sua profundidade além de centenas de metros de comprimento.

Considerada o estágio mais avançado da erosão, a voçoroca requer especial atenção pelo fato de oferecer ainda mais problemas à população que possa estar ali inserida ou próxima. Justificando essa preocupação é interessante notar as concepções de Nascimento (1994) quando ela destaca que:

A boçoroca corresponde a um estágio mais avançado e complexo da erosão, cujo poder destrutivo é superior ao das outras formas e, portanto, de mais difícil contenção. A presença do lençol freático, interceptado pela boçoroca, induz ao aparecimento de surgências d'água. Esse fluxo d'água, do fundo e das paredes da boçoroca, pode ter uma continuidade para o interior do terreno, carreando material em profundidade e formando vazios no interior do solo. Tal fenômeno é conhecido como piping. (NASCIMENTO, 1994)

Carrijo e Baccaro (2000) elucidam que essas voçorocas comprometem de forma preocupante a população que habita seu entorno, pois em alguns casos pode haver o solapamento do terreno. Além disso, informam que há o constante uso inadequado dessas voçorocas pela população, que acaba por utilizá-las como depósito de lixo e entulho, atitude essa que contribui ainda mais, não só para o aumento dos processos erosivos, como também para o surgimento de problemas de outras naturezas como o desenvolvimento de animais peçonhentos, insetos e doenças epidemiológicas como dengue e cólera.

Esses problemas geralmente são mais encontrados nas voçorocas localizadas nas áreas urbanas, onde a ação antrópica é bem mais atuante, o que contribui de forma negativa para o surgimento de novos problemas e o aumento gradativo de problemas antigos. As ações antrópicas que intensificam os processos erosivos encontrados nas zonas urbanas giram, basicamente, em torno das expansões urbanas, mas quais o homem, buscando se apropriar do espaço e transformá-lo em zona habitável para abarcar cada vez mais o aumento

no número da população, atua de forma desordenada, sem manejo aparente, o que acarreta diversos problemas.

Dentro da questão supracitada, Silva et al. (2015) exprimem que os atuais processos de expansão nas zonas urbanas necessitam de planejamentos para que sejam capazes de não gerar novos problemas de cunho socioeconômico e ambiental. Salienta-se que uma das principais possibilidades de consequências seja a degradação gerada pelos processos erosivos associados a períodos de chuvas intensas que, por sua vez, favorecem o surgimento e a formação das chamadas voçorocas.

Quando se fala desses processos de degradação em zonas urbanas é importante ressaltar que nessas áreas, como bem observam Chaves et al. (2012), as principais atividades que aceleram os processos erosivos são a ocupação totalmente desordenada de encostas localizadas em áreas de risco. Citam-se, ainda, obras malfeitas e mal executadas, cortes que são feitos em aterros sem estabelecimento de sistemas eficientes que possam drenar as águas ou o estabelecimento de algum processo de revegetação, além da impermeabilização dos solos por meio das áreas construídas, que atuam concentrando as águas pluviais na superfície e aumentam o escoamento.

Um processo erosivo só passa a se tornar preocupante a partir do momento em que o homem está inserido em seu espaço. Quando é encontrado em meio a zonas nas quais não há presença humana, independente do seu tamanho ou nível, ele é considerado apenas um processo natural, elemento crucial constituinte da dinâmica da natureza. Isso se deve ao fato de que se o homem não age em confluência com a erosão, buscando atingir determinado equilíbrio, se torna agente intensificador dela. O aumento do processo erosivo pode passar a se tornar perigoso para a própria população, gerando motivos de preocupação, além de problemas de diversas naturezas, o que é o caso do aumento de doenças e animais peçonhentos, como já citado.

É interessante notar que a convivência com processos erosivos é algo totalmente possível, mas que requer atenção, equilíbrio e manutenção constante, pois tudo depende do manejo aplicado para com o processo. O comum na atualidade é que a ação antrópica atue da pior forma, trazendo cada vez mais problemas para a situação.

O processo erosivo ocorre de forma diferenciada em áreas rurais e urbanas. Enquanto em áreas rurais o principal agravante para tal problema fica a cargo do manejo inadequado dos solos, como por exemplo, plantio em declive sem a utilização de curvas de nível, desmatamento, plantio de monoculturas, pisoteio de gado, dentre outras, em áreas urbanas o principal agravante é o planejamento inadequado na execução de obras, principalmente de drenagem (ZANATA e PERUSI, 2010).

Para Magalhães (2001), diversos elementos gerados pelo homem podem contribuir para o surgimento e/ou agravamento das erosões. Um dos principais, de acordo com o autor, são as trilhas, especialmente as formadas pelo gado, e as estradas de acesso. Ambos, por sua vez, removem a cobertura vegetal e, dessa forma, acabam por concentrar o escoamento de águas pluviais, carreando os sedimentos ali presentes e propiciando o surgimento dos sulcos, que podem evoluir para ravinas e futuramente voçorocas.

Os loteamentos gerados pelo homem também agem como intensificadores do surgimento de processos erosivos. A especulação imobiliária, cada vez mais agressiva, atua loteando diversas áreas que antes seriam recobertas por vegetação, o que as protegeria do surgimento dos processos erosivos. Após o processo de loteamento, o solo fica exposto às ações dos ventos e das chuvas, nessa situação os sedimentos são totalmente arrastados pelo escoamento superficial, o que fragiliza a área, visto que tais lotes levam um tempo considerável até serem totalmente vendidos e ocupados.

Outro ponto interessante dentro dessa discussão é que tais loteamentos por diversas vezes são feitos em áreas que já sofrem com a presença de processos erosivos e estão deveras enfraquecidas. Ainda assim, os lotes são feitos e muitas vezes ocupados e transformados em área urbana, quando na realidade a área não suporta, devido ao solo enfraquecido. Essa situação, em sua progressão acelerada, gera zonas de preocupação no futuro e problemas de diversas ordens.

Diversos fatores, não só gerados pelo homem, influenciam no agravamento dos processos erosivos. A própria permeabilidade do solo, estrutura, fertilidade e a topografia atuam no controle ou descontrole da erosão como processo. Tanto fatores naturais, como os supracitados, quanto as ações do homem agem de forma direta sobre a possibilidade de prevenção.

Topograficamente falando, os terrenos com maior nível de inclinação são mais suscetíveis ao agravamento de processos, visto que isso acelera o processo de escoamento e acaba impossibilitando a recarga do solo por meio da percolação da água. Para Magalhães (2001), o relevo que apresenta características mais suaves é mais adequado para intervenções. O autor ainda fala sobre a permeabilidade do solo quando diz que quanto mais próximo da superfície estiver a cama impermeável, menor será a quantidade de água necessária para saturar o ambiente, gerando um maior nível de excedente que, por sua vez, influencia diretamente na dinâmica do escoamento.

Um solo com maior profundidade acaba por favorecer o armazenamento de água e, conseqüentemente, o desenvolvimento da agricultura que, por meio da vegetação, irá atuar como barreira natural das águas da chuva, retardando sua velocidade e propiciando uma maior recarga para o solo. Ranhe et al. (2012) destacam a importância da vegetação nesses casos, quando mostram que ela possui o papel de interceptar as gotas de chuva evitando o desenvolvimento e agravamento do chamado efeito *splash*, que atua desagregando as partículas do solo. Os autores reiteram o papel da vegetação quando dizem que ela aumenta a porosidade do solo ao sugar os seus nutrientes, gerando, dessa forma, um acréscimo na capacidade de água que tal solo poderia suportar.

Por conta de fatores como esses, é necessária uma maior preocupação para com os processos encontrados em áreas urbanas, visto que a vegetação não está presente de forma significativa nessas áreas e acaba, portanto, impossibilitada de realizar papel tão importante. O monitoramento é implícito ao controle de processos erosivos, já que as indicações de manutenção e a proposição de medidas complementares podem garantir a contínua funcionalidade na diminuição da atividade erosiva (MAGALHÃES, 2001).

Um dos primeiros passos que devem ser dados para mitigar os possíveis danos que podem ser gerados pelos processos erosivos é o monitoramento. Posterior a ele, é possível atuar nas erosões buscando recuperar as áreas ou reduzir a progressão das mesmas. Existem diversas técnicas e metodologias para os diversos tipos de processos erosivos que podem ser encontrados, cada uma mais adequada para um determinado tipo.

Chaves et.al (2012) relatam que é possível estabilizar as áreas afetadas por processos erosivos de grande porte, como voçorocamento ou deslizamento

de terra. Para os autores, a recomendação inicial é passar a conduzir de forma adequada as águas de escoamento superficial na área à montante, procurando diminuir sua velocidade e aumentar sua permanência por tempo necessário para infiltração no solo.

Magalhães (2001) concorda quando diz que a erosão pode ser contida se controlando a declividade, a vazão ou a natureza do terreno. Para o autor o controle da vazão é obtido com desvio ou condução da água por caminhos alternativos, que são mais preferíveis do que o próprio sulco já gerado pela erosão. Sobre o controle da natureza do terreno, o mesmo sugere uma modificação da cobertura pelo capeamento vegetal, ou apenas um reforço daquilo que já se encontra na superfície, buscando aumentar a sua resistência. Já a respeito do controle da declividade, é possível, de acordo com o autor, conseguir um retaludamento ou inserção de obstáculos, que tenham por objetivo reduzir de forma gradativa a velocidade do escoamento superficial, visto que esse é o principal ponto do agravamento das erosões.

Diversas são as formas de se buscar controlar as erosões, mas um dos fatores de maior significância no caso das erosões urbanas é apresentar a realidade da situação para a população ali inserida e buscar ensinar, de forma responsável e de fácil compreensão, formas de se lidar com a situação, técnicas de manejo adequado para com os processos erosivos e, sobretudo, conscientizar dos riscos que podem ser gerados pela falta de equilíbrio deles para com os processos erosivos urbanos.

2.1.2 Processos erosivos em Garanhuns

Os processos erosivos no município de Garanhuns, interior de Pernambuco, podem ser encontrados sem muita dificuldade, já em caráter avançado, por toda a área do município. Isso se deve ao fato de que diversos fatores contribuem para o surgimento natural de tais processos, assim como por fatores externos que atuam como seus intensificadores.

Sobre a propensão natural local para surgimento de processos erosivos, Azambuja e Corrêa (2006) destacam, em seu estudo sobre a interpretação da evolução morfodinâmica em áreas de expansão urbana do município, que o mesmo apresenta solos bastantes intemperizados, sendo que na zona urbana o

maior destaque é de Latossolos Amarelos e Argissolos, que acabam por conferir à área uma maior vulnerabilidade erosiva. Essa última se baseia, de acordo com os autores, no estágio avançado de desenvolvimento dos mantos de intemperismo e suas consequentes descontinuidades estruturais internas.

Lima e Corrêa (2016), em seu mapeamento geomorfológico do município de Garanhuns, destacam que a configuração do encaixe estrutural entre camadas sobrepostas e falhas geológicas, findou por se configurar na realidade atual da área, onde é possível observar um conjunto de morros e serras que contrabalanceiam com rebaixamentos do terreno e áreas onde as linhas de erosão acabaram por deixar verdadeiras cicatrizes no modelado, sendo alavancadas mais recentemente, de acordo com os autores, pelo estabelecimento e ocupação da sociedade em tais áreas.

Dentro dessa problemática, Monteiro, Costa e Filho (2018) destacam, em seu estudo dos impactos da chuva e as implicações geomorfológicas na zona urbana de Garanhuns, que a área apresenta tanto um escoamento superficial deveras elevado, por causa da declividade acentuada, quanto um desmatamento intenso da vegetação, aliado a uma expansão urbana desprovida de planejamento. Essa união de fatores, direcionada para encostas, acabam por impermeabilizar o solo, dificultando a infiltração, aumentando o escoamento superficial e, consequentemente, promovendo o aumento da erosão.

Melo (2013) corrobora quando propõe um modelo de uso e ocupação da paisagem no referido município. Destaca que o mesmo apresenta resquícios de mata, que estão sendo paulatinamente removidos não só para a ampliação de áreas de pastagens e agricultura, principalmente de caráter de subsistência, como também para o crescimento exponencial da zona urbana, onde se faz bastante presente a verticalização e o crescimento em direção às encostas. O autor destaca que tais situações ocorrem pelo aumento da demanda de lotes residenciais.

Monteiro, Costa e Filho (2018) contribuem na discussão mostrando que a inclinação natural do terreno colabora de forma direta para o aumento da velocidade dos processos erosivos. De acordo com eles, a falta da vegetação, inicialmente retirada para a construção de casas, compromete a capacidade de sustentação do solo, ocasionando problemas para a população.

Ainda é interessante notar que mesmo nas áreas afastadas da zona urbana a situação não difere. É o que bem apresenta Cavalcanti (2013) em sua dissertação de mestrado, que avaliou as nascentes do rio Mundaú encontradas no município de Garanhuns. Foi constatado pela autora que a falta de vegetação e o uso desordenado das áreas no entorno da nascente de Vila Maria formaram um processo erosivo que avançou até se configurar como voçoroca, localizando-se a 20 metros de distância da nascente.

Por meio dessas observações é possível notar o que já havia sido constatado por Melo e Almeida (2013) em sua análise temporal do crescimento urbano do município. Foi percebido pelos autores o aumento da construção de espaços residenciais afastados do centro comercial, que se direcionaram para as encostas não levando em consideração a realidade do modelado local, ondulado em forma de colinas, apresentando dessa forma diversos problemas de ordem não só ambiental, como também econômica, como por exemplo: movimentos de massa; lixiviamento do solo; retirada da cobertura vegetal nativa; falta de saneamento ambiental; contaminação de corpos d'água; aumento e avanço indiscriminado dos processos erosivos urbanos.

Tais transformações ainda são bem destacadas pelos estudos de França e Pinto (2017) que mostram que o espaço geográfico no município de Garanhuns sofreu diversas metamorfoses. Em seu estudo de uma microbacia urbana, foi possível notar a necessidade de um melhor manejo do solo, de preferência um que fosse compatível com a legislação ambiental vigente, visando mitigar os danos ocasionados pela má gestão dos recursos.

2.2 Urbanização

A zona urbana é o espaço em que a cidade se encontra. Tem por principal característica a presença acentuada de edificações e infraestrutura urbana, além de apresentar diversos meios que possibilitam tanto o assentamento quanto o estabelecimento e crescimento da população, que é o caso, por exemplo, da oferta de serviços essenciais para o homem, como os serviços públicos. Para Zanata e Perusi (2010), as cidades nada mais são do que sistemas que apresentam grandes transformações ocasionadas pelas atividades humanas. As

autoras destacam que quando elas são construídas sem o menor planejamento, podem acabar gerando uma alteração na qualidade ambiental.

De acordo com Soares e Troleis (2018), a partir da década de 50 o país passou por um processo de aumento significativo da urbanização que apresentou como principal característica o crescimento desordenado e desigual. Os autores informam que nesse processo o que mais reinava era o mal planejamento, uma vez que mesmo quando havia algum projeto, era mal executado. Isso desencadeou, por sua vez, diversos problemas de ordem socioambiental, como as condições precárias e altamente insalubres de moradia, além da degradação constante de áreas que deveriam ser conservadas.

Melo e Almeida (2013) apresentam essa expansão urbana desordenada como um problema bastante comum em diversas partes do país, sobretudo na região nordeste que possui suas origens ligadas ao intenso êxodo rural que aconteceu no passado. Para os autores, o estado de Pernambuco exibe de forma frequente essa problemática ao longo dos anos, mas nas últimas décadas o efeito vem tomando proporções bem maiores, principalmente naquelas cidades que atuam como polos regionais, congregando serviços e atraindo diversas pessoas das cidades vizinhas.

Carrijo e Baccaro (2000) mostram que uma das grandes mudanças que ocorreram na organização da sociedade foi o acelerado crescimento das cidades. As autoras destacam que esse crescimento, de caráter desordenado e sem planejamento, traz diversos problemas para o espaço urbano, principalmente quando se fala de impactos ambientais. Podem ser diversos, como o excesso de loteamento e a impermeabilização dos solos, que atuam diretamente no aumento dos processos erosivos ali encontrados.

Stipp e Stipp (2004) mostram que o modelo brasileiro de desenvolvimento, que possui como característica básica a desigualdade regional e uma alta concentração de renda, acaba por resultar num crescimento desordenado de população nos centros urbanos. Essas pessoas partem em direção às cidades em busca de melhores condições, oportunidades e até mesmo, de acordo com os autores, para sobreviver. Tudo isso culmina numa metropolização acelerada o que por sua vez gera uma significativa diminuição da qualidade de vida nas cidades.

Dos diversos problemas que podem ser causados por esse aumento exacerbado da população nos centros urbanos, Carrijo e Baccaro (2000) destacam que as perdas referentes à devastação da vegetação natural acabam por gerar desarmonia paisagística, desconforto térmico, além da fuga da fauna, e interferência na dinâmica das microbacias hidrográficas urbanas, que por sua vez possuem como principal consequência o desenvolvimento de erosões hídricas como ravinas, voçorocas e erosão marginal.

Sobre esses impactos, Silva (2005) reitera que o processo de estruturação das cidades geralmente é impulsionado por objetivos econômicos, que buscam maximizar a rentabilidade mediante o aumento no preço da terra. Esses, por sua vez, provocam diversos impasses no que concerne à manutenção da qualidade do meio ambiente urbano. Os problemas ambientais que aparecem numa cidade são sempre decorrentes do uso e da apropriação indevida do espaço pelo homem, que não se preocupa com a preservação do seu meio ambiente (STIPP e STIPP, 2004).

Dessa forma, algumas das questões encontradas nos grandes centros urbanos são, na verdade, gerados pelo manejo inadequado do solo, além da falta de conscientização da população que ali reside para com as diversas problemáticas que podem surgir nesses ambientes. É necessário, inicialmente, buscar nos dias atuais novas formas de expandir nos ambientes urbanos, através de mapeamentos que visem demonstrar áreas com potencial para expansão e áreas que devem ser evitadas por conta da alta probabilidade de novos problemas, utilizando-se dos artifícios fornecidos pela ciência contemporânea, para melhor planejar as ações nesse meio.

2.2.1 Urbanização de Garanhuns

A cidade de Garanhuns, localizada no interior do estado de Pernambuco, tem seu processo de expansão urbana acentuado a partir da década de 1950, quando deixa de ser uma cidade de difícil acesso por conta de sua localização geográfica num dos pontos mais altos do planalto da Borborema, e passa a ser um ponto de convergência de interesses a partir da chegada do trem em 1887. É o que bem destaca Carlos Roberto Cruz Ubirajara, em sua tese quando diz:

A eficiência do transporte ferroviário acelerou a dominância urbana de Garanhuns na região, uma vez que, com a chegada do trem a cidade transformou-se em um grande polo de desenvolvimento. Tornou-se um grande entreposto de compra e de transporte de produtos de toda a região, atraindo assim inúmeros e grandes armazéns de compradores do Recife e do exterior. Também recebia e distribuía para toda a região produtos diversos vindos da capital do estado, Recife, da mesma forma que ideias e valores, difundindo atitudes, liderando ações, definindo território. (UBIRAJARA, 2015)

A localização geográfica estratégica, com clima ameno e abundância de recursos hídricos, foi fundamental para o surgimento da ocupação inicial do município de Garanhuns, que teve a história de seu crescimento marcada por processos dinamizadores da economia, que aceleraram vertiginosamente a expansão urbana (SOARES e TROLEIS, 2018). Ubirajara (2015) destaca que a cidade além de ser detentora de uma localização geográfica privilegiada, ainda possui uma estrutura de serviços de alimentação e alojamento, decorrente da sua notável importância histórica como cidade protagonista da região que ocupa.

O município de Garanhuns tem apresentado um aumento bastante acentuado em sua expansão urbana nos últimos anos. Tanto o surgimento de novos bairros quanto a intensa atividade imobiliária de construção de novos loteamentos e residenciais são fatores presentes na história recente da urbanização de Garanhuns.

De acordo com Azambuja e Corrêa (2015) a área urbana do município de Garanhuns, no decorrer das últimas décadas, tem apresentado um aumento significativo nas taxas de expansão. Para os autores isso, em um primeiro momento, resulta na construção de diversos conjuntos residenciais destinados às classes de baixa renda, são as chamadas COHAB's, e, em um segundo momento, surgem as áreas que fornecem interesse ao setor imobiliário para construção de condomínios de classe média-alta.

Esses fatores de expansão urbana no município são possíveis graças a outros fatores de atração que fazem com que a cidade acabe por congrega diversas possibilidades tanto de meio de vida como de serviços de característica públicos e privados. Para Ubirajara (2015) tanto os fatores climáticos quanto os fatores posicionais e de infraestrutura de serviços - o autor ressalta a disponibilidade de serviços educacionais e de saúde - conferem à área condições para o desenvolvimento de diversas atividades e para a própria expansão urbana.

Essa intensa expansão do município no decorrer dos últimos anos, apresenta também problemas de categorias diversas, que podem ser notados, sem muita dificuldade, dando um simples passeio pela zona urbana do município de Garanhuns. São comuns na cidade relatos da defesa civil de problemas relacionados a essa expansão descontrolada e sem planejamento, tanto na zona urbana da cidade quanto na zona rural.

Essas problemáticas encontradas na zona urbana do município podem ser atribuídas à lógica de produção do espaço, que representa um processo de configuração espacial defasado de ordenamento e carente de planejamento. É possível compreender melhor a situação através da análise de Ferreira (2019), quando diz:

O Processo de produção e reprodução do espaço urbano em Garanhuns, cidade do Agreste de Pernambuco, revela no mesmo movimento, tanto o sentido geral da produção e reprodução do espaço-mercadoria e seus corolários, como suas feições particulares dentro de uma totalidade mais ampla, a da urbanização sob a supremacia do capital financeiro. (FERREIRA, 2019)

Um dos problemas mais notáveis nesse contexto de expansão urbana do município são os processos erosivos desenvolvidos na própria zona urbana. Não é incomum andar pelo centro da cidade e encontrar, com poucos metros de deslocamento, verdadeiras voçorocas em estágios avançados. Essas sofrem ainda mais pela falta de conscientização da população local, que apenas age de forma a tornar cada vez mais intenso o processo erosivo, deixando-se destacado os níveis de extremo avanço nos quais já se encontram.

É interessante notar a existência de bairros inteiros que se desenvolveram em torno de processos erosivos de caráter avançado como as voçorocas, chamadas de “buracões” pela comunidade que os cercam, tanto em zonas de melhor infraestrutura como em zonas mais periféricas de situação precária. Compreender como está a situação atual desses processos erosivos e buscar agir nas remediações e no próprio planejamento das expansões da cidade é algo de crucial importância, visto que, atualmente, loteamentos estão sendo feitos em áreas próximas a outros processos erosivos em estágio avançado e estão sendo comercializados sem a menor preocupação na cidade.

2.2.2 Processos Erosivos Urbanos

Devido a intensa expansão urbana dos últimos anos no Brasil, não é difícil encontrar problemas de diversas ordens e características nos centros urbanos. É perceptível que o crescimento populacional atua como principal impulsionador do aumento de áreas que possam ser utilizadas para habitação.

Para Ranhe et al. (2012) o constante crescimento populacional força a expansão das áreas habitadas nas cidades, e isso provoca alterações cada vez mais significantes no meio físico. Stipp e Stipp (2004) reiteram que os problemas ambientais numa cidade são sempre decorrentes do uso e da apropriação indevida do espaço pelo homem, que não tem por finalidade se preocupar com a preservação ou conservação do meio ambiente.

Esta degradação gerada pelo homem pode se manifestar de diversas formas na área urbana. Zanata e Perusi (2010) apresentam os processos erosivos como uma dessas manifestações e tais processos, de acordo com as autoras, aparecem principalmente na forma de ravinas e voçorocas que, por sua vez, são prejudiciais na estética do meio ambiente, afetam o solo, desagregam-no e o tornam menos fértil, além de propiciarem o surgimento a partir das ações humanas de diversos outros problemas, como vetores de doenças, acúmulo de lixo etc.

Sobre essas questões, Carrijo e Baccaro (2000) mostram que essas voçorocas acabam por comprometer a população de seu entorno, pois pode haver solapamento do terreno. Algumas dessas voçorocas são usadas como depósito de lixo e entulho, o que passa a contribuir de forma direta para o desenvolvimento de animais peçonhentos, insetos e doenças de caráter epidemiológico como dengue e cólera.

Os processos erosivos urbanos, bem como diversas outras questões, muitas vezes ocorrem e são intensificados pela falta de planejamento nas expansões urbanas. Isso é um gerador de problemas, posto que o avanço dos processos erosivos e aceleração deles, acaba por gerar situações preocupantes nas zonas urbanas, e mediante isso é necessária a manutenção constante de tais processos.

Para Zanata e Perusi (2010), em seu artigo sobre solos urbanos na revista *Geografia e Pesquisa*, o crescimento das cidades, sem planejamento adequado,

é um dos principais fatores que agravam a situação dos processos erosivos urbanos. As autoras destacam que apesar da erosão ser um fenômeno natural, a ação humana atua como agente intensificador.

Chaves et al. (2012) reafirmam que na área urbana as principais atividades que agem como aceleradoras dos processos erosivos são: a ocupação desordenada de encostas em áreas de fragilidade, além das obras que podem tanto ser mal projetadas quanto mal executadas; os cortes e aterros sem sistema que atue de forma eficiente na drenagem ou na revegetação; a impermeabilização dos solos por meio das áreas construídas que, por sua vez, geram aumento na concentração de águas pluviais superficiais.

Dentro do contexto, Silva (2015) relata que as erosões urbanas estão de certa forma associadas à falta de um planejamento que atue de forma adequada, considerando as características particulares do meio em questão, bem como as condições socioeconômicas e as tendências de desenvolvimento da zona urbana. O aumento das áreas construídas gera uma concentração de águas da chuva na superfície, impedindo a penetração no solo e inviabilizando a recarga dele. Dessa forma, o escoamento aumenta e em um ambiente urbano esse escoamento contribui de forma bastante significativa para o aumento dos processos erosivos urbanos.

É deveras importante reforçar a ideia de um planejamento bem feito para melhor guiar as ações realizadas na área urbana, visto que os problemas além de já poderem estar presentes na mesma, podem surgir a partir de um manejo inadequado de recursos e más decisões quanto às atitudes tomadas em relação aos processos de expansão urbana.

Existem diversas formas de planejamento, mapeamentos e soluções que podem auxiliar o serviço público na tomada de decisões para definir as áreas prováveis de expansão urbana. Se faz necessária uma constante manutenção dos problemas que já existam, assim como atitudes que busquem mitigar os danos gerados por tais problemas, levando em consideração também que tais decisões visem sempre evitar o surgimento de novas dificuldades da mesma ordem ou de outras searas.

2.3 Imagens Aéreas

2.3.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto tem por finalidade e princípio básico obter informações de determinados alvos na superfície da terra sem necessariamente ter contato com eles. Essa obtenção pode ser feita de diversas formas, principalmente por satélites na órbita da terra. Sobre o assunto, Moraes (2000) traz uma definição e apresentação bastante completa sobre as características e função do sensoriamento remoto quando diz:

O sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registrada por sensores remotos. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética. (MORAES, 2000)

Os sensores remotos conseguem captar, identificar e quantificar a energia eletromagnética que é refletida pelos alvos localizados na superfície da terra. Isso possibilita que seja feita uma análise mais detalhada das suas principais características, de modo a perceber padrões de respostas entre os dados obtidos, para então determinar a qual alvo tal padrão se refere, seja ele corpo hídrico, vegetação, solo exposto etc.

É necessário perceber dentro dessa discussão que tais sensores e o próprio sensoriamento remoto se constituem como uma ferramenta indispensável para diversos estudos, desde mapeamentos e monitoramentos ao conhecimento de determinadas áreas, entre outros. Através de sua dinâmica, por meio dos sensores, é possível verificar um número imenso de particularidades de diversos alvos e assim entender de uma melhor forma como se dão as distintas relações existentes na superfície terrestre.

Jacinto (2003) reitera outra qualidade do sensoriamento remoto, que seria a rapidez na aquisição de dados sobre determinada área ou alvo. O autor apresenta a ferramenta como uma das maneiras mais eficazes de monitoramento ambiental em escalas tanto locais quanto globais, se destacando

entre as formas de aquisição de dados existentes atualmente, visto que sua gama de possibilidades permite um maior número de análises. Uma delas, é a muito eficaz análise dos processos de expansão urbana, sendo esses um alvo de grande preocupação atualmente, mediante a forma sem planejamento com que essas expansões são feitas nas cidades.

Costa e Alves (2005) dialogam sobre o crescimento populacional como principal impulsionador da expansão urbana desordenada, e mostram que em diversas cidades do mundo tal crescimento faz com que as estruturas urbanas não acompanhem. Isso faz com que se torne mais do que necessária uma melhoria de tais estruturas, assim como um acompanhamento da expansão para, além de se buscar controlar, apresentar melhores formas de agir sobre esse processo.

O sensoriamento acaba se configurando como técnica bastante adequada para avaliar esses tipos de processos. Forster (1985) *apud*. Oliveira e Costa (2001) já dizia que o sensoriamento, aliado a outras formas de tecnologias, fornece não só a possibilidade de monitoramento como também o conhecimento para uma melhor tomada de decisões sobre os problemas ambientais que surgem derivados dessa desordem no processo de expansão urbana.

Campos et al. (2004) apresentam o sensoriamento remoto como uma das técnicas fundamentais para manutenção e avaliação das mudanças ocorridas no solo e na paisagem de uma região num dado período, possibilitando desta forma o registro de todas as alterações feitas ao longo do tempo. Isso acaba por permear análises de cunho multitemporal que possibilitam tanto fazer previsões de vetor de crescimento da zona urbana, quanto determinações de melhores áreas para se expandir e áreas que devem ser preservadas para se evitar maiores problemas.

Sobre esse contexto, Florenzano (2005) corrobora dizendo que as imagens que são obtidas através do sensoriamento proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. A autora reitera que essa visão sinóptica do meio possibilita estudos regionais e integrados que envolvem diversos campos do conhecimento. Isso acaba por tornar o sensoriamento remoto uma ferramenta de alta eficácia para análise de processos de expansão urbana, não só por conta da velocidade de obtenção de dados, mas também pela possibilidade de análises integradas e multitemporais.

2.3.2 Fotogrametria

Silva e Lemos (2017) apresentam a fotogrametria como sendo uma tecnologia que reconstrói o espaço tridimensional a partir de imagens bidimensionais. Isso possibilita a geração de diversos produtos como os mapas, e os modelos tridimensionais, que se configuram como cruciais para o desenvolvimento de inúmeros trabalhos.

A fotogrametria pode ser realizada em solo ou no ar. Quando os dados são obtidos através de câmeras embarcadas em aeronaves ela passa a se chamar fotogrametria aérea ou, como é mais conhecida nos dias atuais, a aerofotogrametria.

Santos et al. (2011) contribuem dizendo que essa tecnologia possibilita a avaliação de alvos de forma indireta, por meio das imagens que são obtidas no processo, que em sua grande maioria são fotografias. Os autores frisam que dessa forma a necessidade de trabalho de campo diminui bastante, visto que é possível obter dados métricos e de outras naturezas por meio dos sensores que a câmera contém.

Tudo na fotogrametria gira em torno de se obter medições que possam ser consideradas confiáveis por meio de fotografias tiradas de uma determinada área. Esse tipo de intervenção não é nada recente, visto que já foi realizada por balões, aviões e até mesmo pombos, até chegar nas aeronaves remotamente pilotadas dos dias atuais.

Uma das principais vertentes possíveis por meio da fotogrametria é a foto interpretação, que gira em torno da aquisição de informações de cunho qualitativos dos alvos que foram fotografados. Isso é feito por meio de uma análise visual realizada pelo elemento humano, em grande parte, na atualidade é, sobretudo, feita com o auxílio de computador.

A fotogrametria evoluiu bastante ao longo dos anos, tornando-se uma técnica crucial para o desenvolvimento de estudos de diversas ciências, como geografia, geologia, meteorologia etc. Ela atua fornecendo dados confiáveis e de fácil obtenção sobre os alvos pré-determinados, configurando-se muitas vezes como melhor alternativa, a depender do alvo em questão.

2.3.3 Veículos Aéreos Não Tripulados

Os veículos aéreos não tripulados têm sido cada vez mais utilizados nos dias atuais, os mesmos possibilitam diversas vantagens na obtenção de dados sobre determinados alvos, e possuem aplicações específicas que permitem um aumento significativo no processo de aquisição de tais dados. Sobre o tema é interessante notar as considerações de Vidal (2013) em sua dissertação sobre avaliação das geo-informações geradas por tais veículos, quando diz:

A evolução tecnológica dos equipamentos de fotografia e navegação e a necessidade de redução de tempo e custos nos processos de aquisição fez surgir sistemas alternativos aos utilizados tradicionalmente na aquisição de fotografia aérea. Estes sistemas, que incluem um veículo aéreo não tripulado, foram usados inicialmente e desenvolvidos por militares tendo em vista operações hostis de maior perigo e ações de reconhecimento em áreas de difícil acesso. (VIDAL, 2013)

Cândido et al. (2015) mostram que o avanço tecnológico que vem ocorrendo nas últimas décadas, aumentou de forma significativa o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT), além da aplicação da aerofotogrametria como ferramenta de análise, por causa das vantagens tanto de ordem técnica quanto de ordem econômica. É deveras importante ressaltar nessa discussão, a facilidade de acesso a tal tecnologia, há grande acessibilidade nos preços quando comparados com outros métodos, além de ser necessária uma baixa qualificação técnica para sua operação, visto que em sua grande maioria são bastante intuitivos e de fácil manipulação.

Os produtos gerados por meio dos veículos aéreos não tripulados, se configuram como de fácil obtenção, de alta resolução, com possibilidade de aumento de acurácia das imagens por meio de pontos de controle que refinam os produtos ainda mais, além de promoverem uma constante revisita do alvo, fator esse de deveras importância em determinadas áreas.

2.3.4 Imagens de Alta Resolução

As imagens de alta resolução são importantes para o desenvolvimento de qualquer tipo de análise, visto que fornecem informações da superfície, possibilitando a reamostragem dos alvos na terra em ambientes computacionais,

o que proporciona meios e formas de se manipular dados e buscar respostas sobre a dinâmica existente em determinada área. Araki (2006) coopera quando diz que tais imagens acabam por proporcionar informação espacial de cunho detalhado de toda superfície terrestre, fazendo com que seja possível representar diversas feições urbanas, como edificações em forma de *pixels*.

Vaeza et al. (2010) corroboram dizendo que as imagens de alta resolução permitem não só a obtenção de resultados de maior acurácia na identificação de diversos elementos na superfície, como também por meio delas é possível mapear e quantificar diversas classes de objetos distintos. Para os autores as referidas imagens passam a ser de fundamental importância para qualquer tipo de estudo que necessite de alto grau de detalhamento.

É interessante notar que as imagens de alta resolução acabam se destacando de forma evidente entre as outras opções da mesma classe de trabalho, visto que elas revolucionaram o mercado de análises justamente por causa da sua alta resolução. Assim, o que antes era impossível de ser visto e interpretado, passa a ser quantificável e visualizado com detalhes por meio de tais imagens, que se configuram como alternativa bastante adequada para diversos ramos. As possibilidades de análise por seu intermédio aumentaram de forma exponencial. A acurácia que elas fornecem permite até mesmo visualizar casas, ruas, calçadas, com alto nível de detalhe.

O aumento de resolução fez desse método um dos principais aliados para os estudos que foram desenvolvidos desde o seu surgimento. Sobre o tema, Pinheiro (2003) reforça que as imagens com alta resolução permeiam uma análise com maior nível de detalhe, tanto para estudos de áreas com sensibilidade ambiental, quanto para monitorar e planejar cidades.

Dessa forma, é possível perceber que as imagens de alta resolução se configuram como ferramentas adequadas para análises em zonas urbanas, visto que as dinâmicas existentes podem aparecer em menores escalas. Devido a seu nível de detalhamento e independente da forma como possam ser concebidas, seja por meio de sensores em satélites ou por meio de veículos aéreos não tripulados, os chamados VANT's, tais imagens permitem um nível maior de minúcia nas análises que se pretende desenvolver.

As imagens de alta resolução possuem uma capacidade de detalhamento tão imensa que Disperati e Filho (2005) em seu artigo publicado na revista

Árvore, utilizam as mesmas para, nas palavras dos autores, observar a parte superior das árvores em detalhes, incluindo suas copas, galhos, partes sombreadas entre galhos etc. Já Oliveira et al. (2007) desenvolvem em seu trabalho uma análise das imagens de alta resolução como forma de melhor obter informações acerca da delimitação de áreas de preservação permanente em São Leopoldo no Rio Grande do Sul. Estes são alguns dentre os inúmeros trabalhos que apresentam tais imagens como alternativa adequada para fomento de pesquisas diversas.

Tudo isso mostra que as imagens de alta resolução espacial são adequadas para o desenvolvimento da pesquisa aqui apresentada, pois suas possibilidades diversas de análise e nível de detalhamento permitem um melhor conhecimento e monitoramento dos processos erosivos urbanos, que diferente daqueles encontrados em zonas rurais, se apresentam como alvos menores em escala, carecendo, portanto, de uma maior capacidade de detalhes por parte das ferramentas utilizadas em suas análises.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem por finalidade realizar uma análise integrada de aspectos naturais e sociais, no município de Garanhuns, estado de Pernambuco, nos dias atuais. Através do modelo teórico sistêmico, e das leis e conceitos fornecidos por Bertalanffy (1973) em sua teoria geral dos sistemas, buscar-se-á explicar o comportamento dos processos erosivos na zona urbana da área em questão.

Isso será feito a partir do conceito de teoria estabelecido por Lakatos e Marconi (2003), no qual a teoria não seria a especulação simples, mas sim um conjunto de princípios considerados fundamentais que se configuraram como um instrumento científico apropriado, tanto na procura, quanto na explicação de fatos. A pesquisa aqui apresentada busca o suporte da supracitada teoria geral dos sistemas para entender o sistema estabelecido pelas relações existentes entre os processos erosivos urbanos e a própria ocupação.

Tais processos, em caráter de avanço, podem passar a oferecer temeridade à população que ali se encontra, caracterizando-se como problemas para a gestão municipal e preocupações para os moradores do entorno. Dessa

forma, é crucial buscar entender como esses funcionam, quais são seus vetores de evolução e que tipo e nível de preocupação os mesmos podem estar oferecendo.

Para melhor entender a dinâmica existente na área de estudo, é preciso, como bem destaca Demo (1995), se distanciar dos conteúdos, de forma a entender o contexto por meio da lógica, buscando neutralidade para que se possa definir e fazer ciência através do artifício principal dessa seara que é o método.

A partir dessa concepção, esta pesquisa busca aplicar o método quantitativo para trabalhar os dados que serão obtidos e apresentar os resultados que serão gerados, objetivando, assim, trazer não só maior veracidade naquilo proposto, como também mostrar, por meio dos números, a realidade da análise realizada.

Ainda sobre o método quantitativo, o trabalho ressalta as concepções de Lamego (2014), apresentando que além de exigirem um maior domínio das técnicas e dos procedimentos adotados, também buscam oferecer maior veracidade dos fatos abordados a partir dos números, quantificações e técnicas adotadas.

Acerca dessas últimas, esta pesquisa se baseia nas concepções de Chauí (2000), que destaca que não são apenas técnicas que se atrelam à ciência moderna, mas sim tecnologias, visto que, para a autora, a tecnologia é um saber teórico construído que se aplica de forma prática. Assim sendo, as tecnologias escolhidas para o trabalho foram: o geoprocessamento; o sensoriamento remoto; a utilização da aerofotogrametria.

É importante ressaltar nessa discussão a facilidade no acesso a tais tecnologias, uma vez que os preços são acessíveis quando comparados com outros métodos, além da baixa qualificação técnica para operação dos aparelhos, visto que em sua grande maioria são bastantes intuitivos e de fácil manipulação.

Metodologicamente, é importante destacar trabalhos pioneiros, não somente na temática, como também na área de estudo. Pesquisas como as de Azambuja (2007, 2015) foram consideradas cruciais para embasamento tanto teórico quanto metodológico. Sua análise geomorfológica das áreas de expansão urbana no município de Garanhuns permitiu uma visualização de

caráter temporal da problemática aqui abordada e seu levantamento geomorfológico foi uma das poucas fontes encontradas nesse sentido para criação dos resultados apresentados.

O modelo de uso e ocupação da paisagem proposto por Melo (2013) possibilitou um melhor entendimento do quadro geral da situação da área urbana do município de Garanhuns, uma vez que por meio dele foi possível observar quais as áreas consideradas de expansão em 2013 e comparar com a ocupação dessas áreas nos dias atuais, além de avaliar o que existia de mata remanescente da época em detrimento do que existe agora.

Monteiro, Costa e Filho (2018) trazem como contribuição metodológica um estudo bastante relevante da interação existente entre os impactos das chuvas e suas implicações diretas na geomorfologia de uma área específica da zona urbana do município. Tal pesquisa denota os efeitos do fluxo natural entre chuva e solo intensificados pela ação antrópica desordenada.

Soares (2015) traz de forma sublime uma análise da problemática socioambiental de nascentes urbanas no município de Garanhuns. Por meio de seus excelentes produtos cartográficos foi possível entender qual a realidade do entorno de algumas voçorocas localizadas na zona urbana e, dessa forma, desenvolver melhores formas de ação para com a pesquisa.

Por fim, destacam-se todos os trabalhos desenvolvidos por Azambuja, (2007, 2015) que foram a principal base teórica e, sobretudo, metodológica para o fomento da pesquisa aqui apresentada, uma vez que a autora dispôs de inúmeros dados e fontes de instituições de pesquisas específicas, que abrilhantaram ainda mais as pesquisas desenvolvidas e indiretamente serviram como norte metodológico para esse trabalho.

O trabalho aqui descrito busca aplicar os procedimentos metodológicos que se seguem para se chegar nos resultados esperados. Isso se dá a partir da teoria escolhida, seguindo a hipótese apresentada e através do método adotado, além do apoio das pesquisas utilizadas como embasamento.

3.1 Procedimentos Metodológicos

3.1.1 Imagens Orbitais

No fomento da pesquisa foram utilizados dados do satélite SENTINEL-2A sensor MSI, com 13 bandas espectrais, com resolução temporal de 10 dias, visando obter imagens para criação do mapa de localização da área de estudo. As imagens serão obtidas através da USGS (*United States Geological Survey*), no site <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Além das imagens de SRTM disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que possibilitaram a criação dos mapas relacionados a declividade etc.

3.1.2 Dados Geocartográficos

Todos os dados geocartográficos utilizados no trabalho foram obtidos gratuitamente e online, por meio das empresas e órgãos correspondentes que disponibilizam o acesso a esses. Visando melhorar a qualidade cartográfica do trabalho e dando maior embasamento à pesquisa, todos os dados foram obtidos em formato *Shapefile* (ESRI), pois se trata de um formato que permite uma manipulação mais variada e não apresenta muitas dificuldades para o processamento. As instituições cedentes foram:

- Informações relacionadas aos tipos de solo e suas características, na escala de 1:100.000, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA;
- Informações relacionadas a Geologia, na escala de 1:100.000, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM;
- Dados pluviométricos obtidos, não só do município de Garanhuns, como do entorno dele, Agência Pernambucana de Águas e Climas, APAC, Instituto Nacional de Meteorologia, INMET;
- Recobrimento aerofotogramétrico digital com GSD 12cm e geração de ortoimagem na escala de 1:1.000, além de modelos digitais de terreno e de elevação com precisão altimétrica melhor que 10cm, Pernambuco Tridimensional. Disponível em: <<http://www.pe3d.pe.gov.br/>>;

- Delimitação da Zona Urbana, 1:20.000, confeccionada manualmente através dos dados do Pernambuco Tridimensional.

Destaca-se que, visando sanar a incompatibilidade de escalas entre os dados obtidos das empresas e a realidade amostral trabalhada na pesquisa, foram consultadas e utilizadas como suporte teórico pesquisas anteriormente realizadas por outros cientistas que detiveram suas atenções a fatores específicos como geomorfologia, solos, etc. Dessa forma, objetiva-se mitigar os possíveis danos de interpretação e escala que possam surgir pela falta de dados mais detalhados da área de estudo, visto que ciência não se faz de forma solitária. Os mapas oriundos de outras pesquisas aqui devidamente citados e apresentados, atuam como auxílio nessa defasagem metodológica encontrada no fomento da pesquisa.

3.1.3 Programas Utilizados

Todos os programas utilizados foram adquiridos a partir de download gratuito ou por licenças gratuitas temporárias fornecidas pelas empresas desenvolvedoras dos *softwares*. O trabalho utilizou os seguintes programas para fomento e processamento dos dados aqui apresentados:

- ARCGIS 10. 2. 2, desenvolvido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), sendo utilizada a licença de teste grátis por 3 meses, através do site <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial>>;

- Agisoft Metashape 1.6.1, desenvolvido pela Agisoft, sendo utilizada a licença gratuita de 30 dias, através do site <www.agisoft.com/downloads/installer>.

3.1.4 Ferramentas Utilizadas

- Câmera fotográfica: Redmi 4X, desenvolvido pela Xiaomi, com 13 *megapixels*, resolução de 4160 por 3120 pixels, estabilização digital e GPS acoplado para determinar localização das fotografias.

3.1.5 Trabalho de Campo

O trabalho de campo se configura como elemento de grande importância para o desenvolvimento da pesquisa, visto que por meio dele foi possível observar os processos erosivos de escalas menores como sulcos e ravinas, além de oferecer maior veracidade aos dados apresentados no decorrer da investigação.

Essa etapa teve por objetivo observar em campo os dados apresentados nos produtos gerados por meio da aerofotogrametria, expondo em fotografias os processos erosivos mapeados na pesquisa.

3.1.6 Elaboração do Banco de Dados em ambiente SIG

Esta etapa teve por finalidade elaborar um banco de dados geográfico que serviu de suporte para toda a realização da pesquisa. Nele foram reunidas todas as informações coletadas nas outras etapas, e adicionadas à ambiente SIG, para uma posterior conversão desse material para o sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS2000, possibilitando assim a criação de todo material cartográfico que aqui está apresentado.

A partir da criação do banco de dados é possível realizar uma organização das informações, diferenciando em duas vertentes, o banco de dados espaciais e de atributos. O primeiro descreve a forma e a posição das características da superfície do terreno e esse último descreve as qualidades e características das formas. Assim, é possível realizar em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), a elaboração de mapas temáticos que dão suporte para os mapas sínteses.

3.1.7 Processamento Digital de Imagens

O processamento digital de imagens – PDI, consiste em uma ferramenta que, dentro do geoprocessamento, atua no tratamento e extração de dados das imagens previamente obtidas, possibilitando uma posterior análise desses dados e informações.

Nesta etapa, foram gerados a partir das imagens de satélite previamente selecionadas os mapas de localização da área de estudo. Os ortomosaicos e modelos digitais de superfície, também empregados na pesquisa, foram obtidos por meio dos produtos gerados pelo veículo aéreo não tripulado utilizado, dados esses que tiveram por finalidade identificar os processos erosivos e servir de base para a geração do modelo digital de terreno, que é crucial para a gênese dos demais resultados apresentados no trabalho.

3.1.8 Processos Erosivos

A identificação e escolha dos processos erosivos trabalhados na pesquisa partiram do conhecimento prévio dos alvos, obtido através de trabalhos anteriormente realizados dentro do Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental (LaGMA) na Universidade de Pernambuco – UPE, *Campus Garanhuns*.

O trabalho de campo e a própria vivência do autor dentro dessa realidade, ao longo de sua graduação, contribuíram para a escolha de tais alvos de estudo. Os dados anteriormente confeccionados pelo laboratório supracitado possibilitaram o conhecimento prévio da área de estudo e despertaram o interesse para criação de pesquisas com dados mais detalhados.

A criação e disponibilidade dos dados do projeto Pernambuco 3D, por meio do governo estadual de Pernambuco, foi o pontapé inicial na criação da análise de tais alvos, visto que seu tamanho dificulta análises mais detalhadas por meio de ferramentas tradicionais e que as imagens em alta resolução do projeto contornaram essa problemática.

Dessa forma, através da união das imagens de alta resolução, processadas através do geoprocessamento, foi possível criar uma cartografia com alto nível de detalhamento superficial, o que, por sua vez, possibilitou verificar, através do trabalho de campo e da análise em gabinete, a possível presença de áreas de risco, fato esse que foi confirmado pela metodologia empregada da CARMOE - Carta de Avaliação do Risco Morfológico à Erosão.

3.1.9 CARMOE – Carta de Avaliação do Risco Morfológico à Erosão

Para se obter a CARMOE é necessária a criação de subprodutos que unidos culminam no resultado final, tais produtos são: a declividade; a curvatura horizontal; a curvatura vertical; a orientação de vertentes da área em questão. Todos esses podem ser melhor observados, de maneira cartográfica, nas suas respectivas figuras e possibilitam uma melhor interpretação da metodologia escolhida e utilizada para criação de uma carta final que avalia o risco morfológico à erosão na área de estudo.

A partir da criação desses subprodutos, o produto final pode ser gerado através de uma fórmula (Figura 02) que soma todos os valores das variáveis, já reclassificadas de acordo com seus respectivos pesos, criando, portanto, uma carta que classifica a área de estudo em classes onde há: risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Figura 02: Fórmula CARMOE.

$$\text{Risco} = (\text{Declividade} \times 0,4) + (\text{Orientação de Vertentes} \times 0,25) + (\text{Curvatura Horizontal} \times 0,2) + (\text{Curvatura Vertical} \times 0,15)$$

Fonte: Rodrigues e Silva, 2018.

Em caráter inicial, de acordo com Rodrigues e Silva (2018), é preciso definir as notas de cada atributo para a posterior realização da álgebra de mapas, definindo notas de 0 a 10, partindo do princípio de que quanto maior a nota maiores as chances daquela variável ocasionar erosão. Essa gama de variáveis pode ser melhor observada e analisa na tabela 01 gerada pelas autoras.

Tabela 01: Notas atribuídas para cada tributo das variáveis.

Variável	Atributo	Nota
<i>Declividade</i>	0 – 3%	0
	3 – 8%	2
	8 – 20%	4
	20 – 45%	6
	45 – 75%	8
	> 75%	10
<i>Curvatura Vertical</i>	Convexa	3
	Retilínea	6
	Côncava	9
<i>Curvatura Horizontal</i>	Divergente	3
	Planar	6
	Convergente	9
<i>Orientação de Vertentes</i>	Noroeste	1
	Oeste	1
	Norte	2
	Sudoeste	4
	Nordeste	5
	Sul	7
	Sudeste	8
	Leste	10

Fonte: Rodrigues e Silva, 2018.

Há ainda a necessidade de se definir pesos de influência em cada variável, buscando atribuir o tamanho do nível de erosão que cada uma delas pode causar. Considera-se, assim que a declividade é a principal, visto que o nível de inclinação de um terreno influencia mais do que qualquer outra variável no surgimento de transporte gravitacional. (RODRIGUES E SILVA, 2018).

Já a orientação de vertentes é destacada pelas autoras como segunda variável de maior influência, seguida pelas curvaturas horizontal e por último vertical. Os pesos adotados podem ser melhor observados na tabela 02.

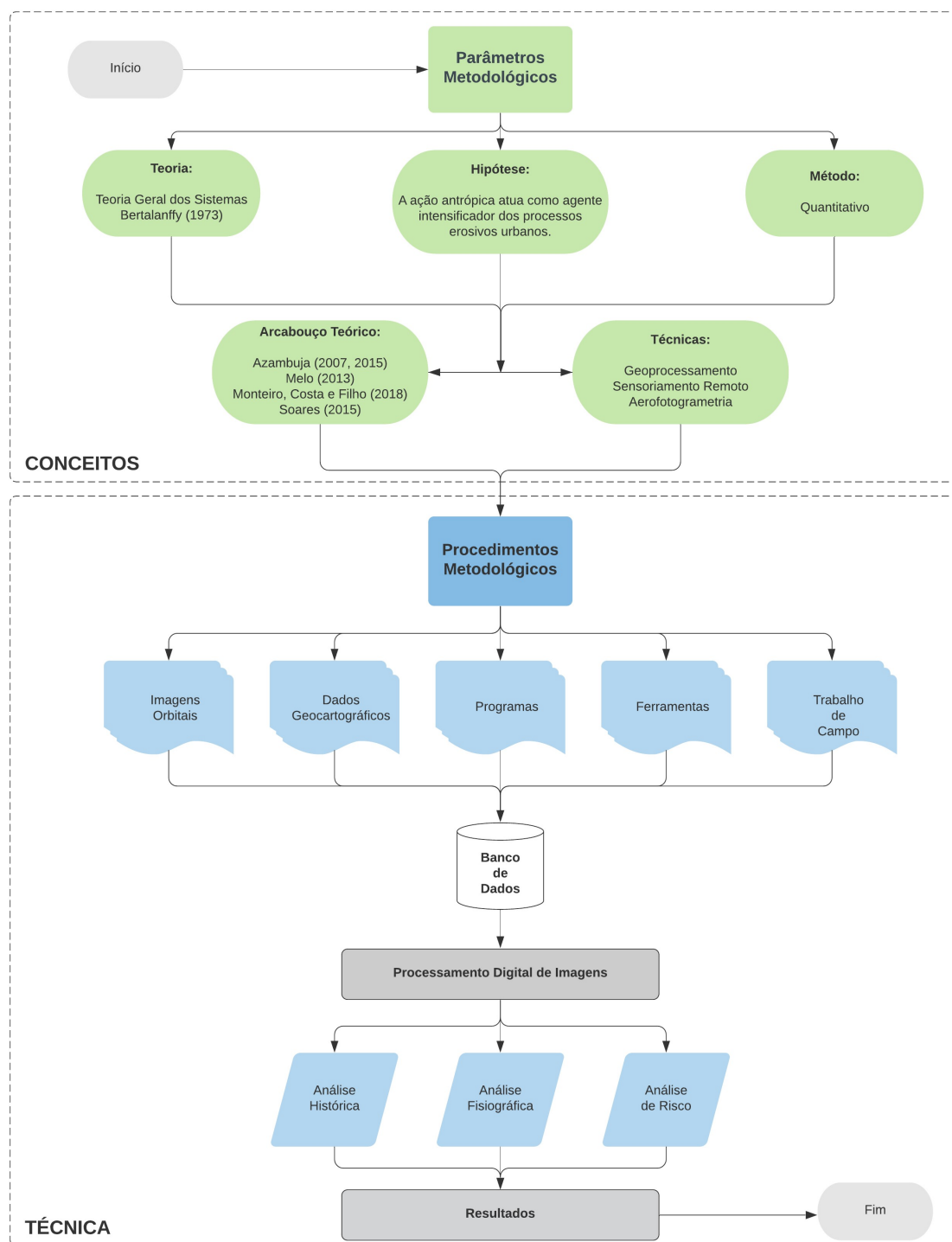
Tabela 02: Peso de Influência para cada variável.

Variável	Peso de Influência (%)
<i>Declividade</i>	40
<i>Orientação de Vertentes</i>	25
<i>Curvatura Horizontal</i>	20
<i>Curvatura Vertical</i>	15

Fonte: Rodrigues e Silva, 2018.

Para melhor compreender e visualizar os parâmetros e procedimentos adotados na metodologia da pesquisa, foi criado um fluxograma metodológico (Figura 03) que apresenta de maneira eficaz e dinâmica, através do apoio visual, todo o passo a passo adotado no trabalho para confecção dos resultados e análises apresentadas.

Figura 03: Fluxograma Metodológico.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realização de uma análise integrada dos processos erosivos encontrados na área de estudo em detrimento da ação antrópica local, foi

necessário, em primeira instância, estabelecer quais as características primárias da área urbana, compreender como se deu a ocupação urbana na área de estudo, seguido da determinação, visualização e análise dos dados naturais da área de estudo, para que assim fosse possível determinar se naturalmente a área já seria propícia ao surgimento de processos erosivos, possibilitando, portanto, determinar com melhor acurácia os efeitos da ação antrópica no local.

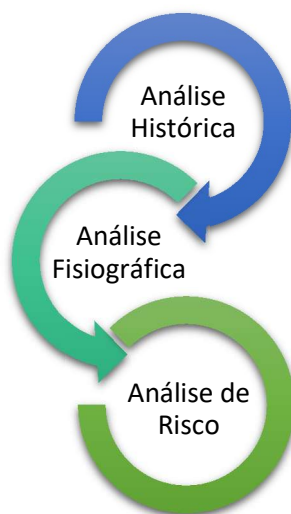
A confecção prévia de determinados dados se tornou elemento crucial para fomentar as informações que aqui estão apresentadas. Por meio do suporte técnico e teórico provido pela metodologia escolhida, o trabalho teve como norte na confecção dos resultados a utilização da cartografia, do geoprocessamento e do sensoriamento remoto como ferramentas principais, possuindo por base os dados gerados através da aerofotogrametria.

Por meio do geoprocessamento foi possível realizar o processamento digital das imagens previamente adquiridas, as quais só foram possíveis de se obter graças ao sensoriamento remoto e a aerofotogrametria. Essas duas importantes ferramentas, unidas à base de dados adotada, tornaram plausível, por meio da cartografia, a confecção de todos os resultados aqui apresentados. Por meio dessa estratégia foi possível demonstrar toda a gama de frutos da pesquisa de forma mais detalhada, contando com o suporte de mapas que trouxeram ainda mais facilidade na interpretação e entendimento das informações.

Buscou-se, portanto, realizar análises de diversos tipos, que atuam de forma integrada para culminância em um produto final alinhado com os objetivos da pesquisa. Em primeiro lugar, uma análise histórica da ocupação urbana do alvo de estudos, buscando identificar como se deu esse processo e sua evolução ao longo dos anos. Em segundo lugar, uma análise descritiva das características naturais locais, como tipo de solo, clima, regime de pluviosidade dentre outros, além da descrição da realidade atual das amostras pré-determinadas de processos erosivos escolhidos para análise. Toda essa gama de descrições se tornou possível mediante os produtos obtidos através da aerofotogrametria.

A terceira parte consiste numa análise da fragilidade local, onde por meio do produto final, gerado na pesquisa, é possível observar onde dentro da zona urbana do município há um maior risco morfológico a erosão. Tais análises podem ser melhor compreendidas através da Figura 04.

Figura 04: Fluxograma Analítico dos Resultados.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4.1 Análise Histórica

Através da aquisição de imagens aéreas antigas da cidade de Garanhuns - PE, é possível notar que, mesmo antes da acentuação de sua expansão, algumas áreas dentro da mancha urbana que atualmente apresentam características de erosão em estado bastante avançado, como voçorocas, já possuíam um uso inadequado do solo no passado. As imagens foram obtidas através da biblioteca digital do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) e por meio de sites e *blogs* pessoais que possuem esse tipo de acervo de fotografias remotas, em destaque para o blog Iba Mendes Pesquisa.

É inviável esperar bons posicionamentos, resoluções e até mesmo cores das imagens obtidas, visto o ano em que foram tiradas, além do seu processo de preservação. Ainda assim, é possível perceber em diversas delas a característica principal em destaque, o uso inapropriado do solo.

Na Figura 05 podemos observar uma panorâmica da Avenida Santo Antônio no ano de 1930, uma das principais do município. Devido à qualidade da imagem, é possível observar apenas a configuração urbana da época, e a inexistência de população nas áreas ao horizonte. Pressupõe-se, portanto, uma maior preservação da vegetação densa na região, apesar de isso ocorrer pela existência de poucos processos promovedores da expansão urbana, além da própria realidade limitante das máquinas e ferramentas da época.

Figura 05: Vista Panorâmica da Avenida Santo Antônio Garanhuns – PE, em 07/1930.



Fonte: Blog Iba Mendes Pesquisa. Acesso em: 27/06/2019

Já nas Figuras 06 e 07, abaixo, é possível notar uma Garanhuns bem mais desenvolvida. Como bem destaca Ubirajara (2015), a chegada do trem na cidade em 1887 foi crucial para alavancar essa expansão urbana, que se apresenta um pouco tímida no registro de 1930, e com bem mais vigor e presença no ano de 1955, o que pode ser demonstrado nas fotografias.

Figura 06: Vista Panorâmica de Garanhuns – PE, em 1955.



Fonte: IBGE – Biblioteca Digital. Acesso em: 27/06/2019

Figura 07: Vista Panorâmica da Avenida Santo Antônio Garanhuns – PE, em 1955.



Fonte: IBGE – Biblioteca Digital. Acesso em: 27/06/2019

Abaixo é possível acompanhar os dados de declividade da rua Manoel Clemente, no bairro de Santo Antonio em Garanhuns, área em destaque na figura 08, mostrando que próximo à Igreja de Santo Antônio a altitude média é de 847m enquanto na área mais abaixo, onde começa a voçoroca existente atualmente, é de 826m, ou seja, um desnível de 21m, que, por conseguinte apresenta um índice de declividade de 10%.

Figura 08: Dados de Declividade da Rua Manoel Clemente.

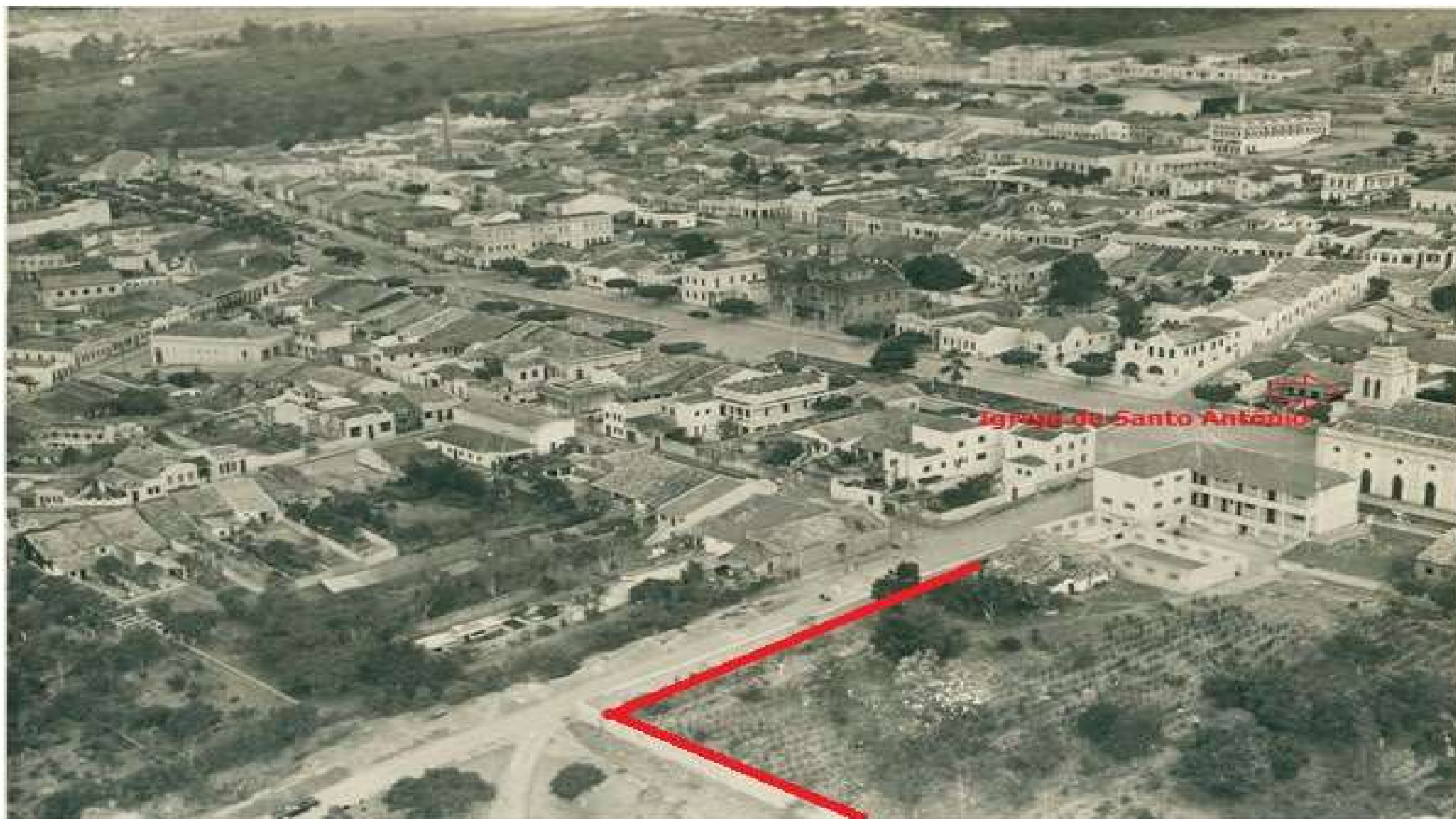


Fonte: Desenvolvido pelos autores.

O maior destaque fotográfico vem para a figura 09, que mostra uma vista aérea de toda avenida Santo Antônio ainda no ano de 1955. O ângulo da fotografia permite visualizar de forma clara a utilização do solo em torno da Igreja de Santo Antônio. É notável perceber que mais de seis décadas atrás o desmatamento e a retirada de vegetação em áreas de declive no município de Garanhuns se configuravam como algo bastante presente, assim como nos dias atuais. O local em questão possui uma declividade acentuada, sendo possível verificar na fotografia ausência de uma vegetação que outrora se fazia presente, além da utilização do solo para plantação de alguma cultura que não foi possível especificar apenas por meio da observação fotográfica.

A partir de uma análise histórica dessa realidade, é possível perceber que o quadro geral vem se agravando já há muito tempo, uma vez que há 150m da área retratada pela figura 09, atualmente existe uma voçoroca em estado bastante avançado. Torna-se possível pressupor, assim, que a utilização do solo unida às condições físicas e naturais da região ainda em 1955, possibilitaram o começo de um posterior surgimento de processo erosivo de caráter avançado.

Figura 09: Vista Panorâmica da Avenida Santo Antônio Garanhuns – PE, em 1955.



Fonte: IBGE – Biblioteca Digital. Acesso em: 27/06/2019.

4.2 Análise Fisiográfica

4.2.1 Clima

De acordo com Barbosa et al. (2016) em seu trabalho a respeito da variabilidade climática de Garanhuns, levando em conta os aspectos da latitude e altitude além da exposição do local aos fluxos de ar, vegetação e distância do mar, o clima do município de Garanhuns se define como tropical quente subúmido seco, que se refere ao As', BShs' e Cs'a, onde apresentam características quentes e úmidas com chuvas que se mostram de melhor forma no período de outono-inverno, e verões mais mesotérmicos.

Outro fator interessante a ser notado no clima de Garanhuns é que, devido à influência do próprio relevo, o município se encontra em situação de barreira natural de massas de ar provenientes do litoral, que avançam em direção ao interior do estado de Pernambuco. Esse fator faz com que as chuvas orográficas sejam abundantes no município, isso oportuniza que a temperatura se abrande e a umidade aumente, ambiente propício para um maior desenvolvimento e crescimento da vegetação.

Essas condições fazem com que Garanhuns se destaque em meio à sua própria região. Além de maior destaque econômico em relação aos municípios circunvizinhos, a cidade se diferencia por apresentar climas bem mais amenos, um frio bastante característico e um regime de chuva bem mais acentuado.

Barbosa et al. (2016) em seu estudo, apresentam que a temperatura média anual do município oscila entre os 20,1 °C e 22,0°C, enquanto a pluviosidade da área está entre os 751 – 1000 mm anuais. Dessa forma, a localização a barlavento, faz com que o nível de pluviosidade seja mais elevado, quando comparado com municípios vizinhos. Todos esses fatores unidos apresentam a primeira característica que influencia diretamente na dinâmica da erosão local, uma vez que o clima exerce influência acentuada nesse aspecto.

Azambuja (2007) mostra que alguns fatores, como a influência da zona de convergência intertropical, unidos à localização geográfica do município de Garanhuns, possibilitam que a frente polar atlântica e as perturbações das ondas de leste no outono adentrem o município, causando não só o clima característico da região como também seu regime pluviométrico.

4.2.2 Hidrografia e Pluviometria

De acordo com CPRM (2005), hidrograficamente o município de Garanhuns encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú. Apresenta como principais tributários os rios: Canhoto; Mundaú; Inhaúma; e os riachos: São Vicente; Seco; Mimosinho; São Pedro; Mocambo; Repartição; Mochila; Imbé; Pacheco; das Pedras; Baixa da Lama; Estrondo; da Laje; do Dunga; Periperi; Timbó. Todos os cursos d'água, ainda de acordo com a CPRM (2005), apresentam um regime de escoamento intermitente com padrão de drenagem dendrítico.

Para análise da pluviosidade no município de Garanhuns, foram levantados dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, dos anos, 2018, 2017 e 2016, Tabela 03, objetivando-se analisar o padrão pluviométrico dessa região. Para maior embasamento teórico da análise, foram consultados os dados do relatório geral sobre o município do site Weather Spark, que possui uma análise estatística de diversos relatórios coletados e criados desde janeiro de 1980 até dezembro de 2016 sobre o município.

Tabela 03: Média Mensal do Monitoramento Pluviométrico de 2016 à 2018.

ANO	MÉDIA MENSAL											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016	127,9	43,6	24,0	42,8	77,6	72,1	74,5	41,3	20,4	12,7	2,0	2,4
2017	11,4	1,0	-----	51,0	340,4	209,1	342,6	147,2	127,0	17,8	22,0	18,0
2018	49,2	79,4	53,7	177,2	128,8	78,1	86,2	37,8	20,0	5,0	10,2	30,8

Fonte: APAC, 2019.

Os dados da APAC em confluência com os relatórios do Weather Spark, mostram que a estação de maior precipitação se configura entre os meses de março a agosto e que a probabilidade de precipitação em qualquer dia dentro desse período está acima de 25%, sendo a estação seca inversamente proporcional. Para melhor visualização dos dados, observar a Figura 10.

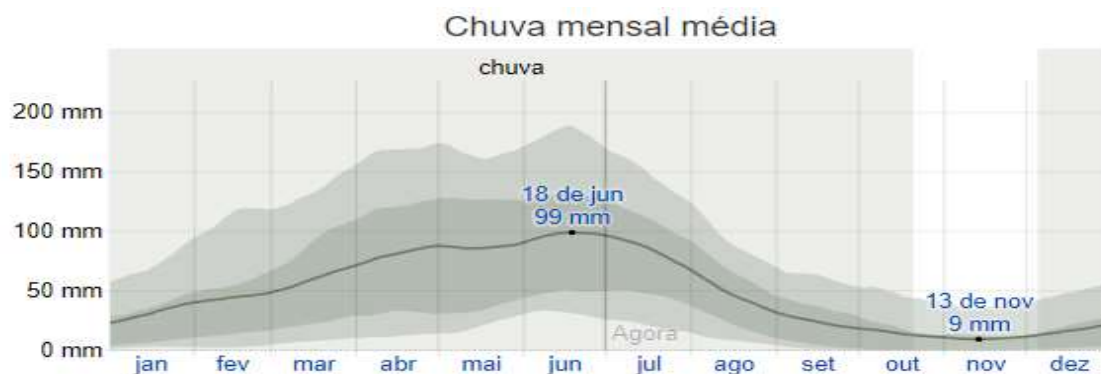
Figura 10: Probabilidade diária de precipitação anual em Garanhuns – PE.



Fonte: Weather Spark, 2020.

Já o período chuvoso, ainda de acordo com o site, dura 10 meses, começando em dezembro e indo até o mês de outubro, com uma precipitação de chuva de 31 dias contínuos e mínima de 13 milímetros (Weather Spark, 2020). Dessa forma, sendo o período sem chuva inversamente proporcional, o mesmo dura apenas um mês e meio. A Figura 11 apresenta graficamente tais dados.

Figura 11: Chuva mensal média anual em Garanhuns – PE.



Fonte: Weather Spark, 2020.

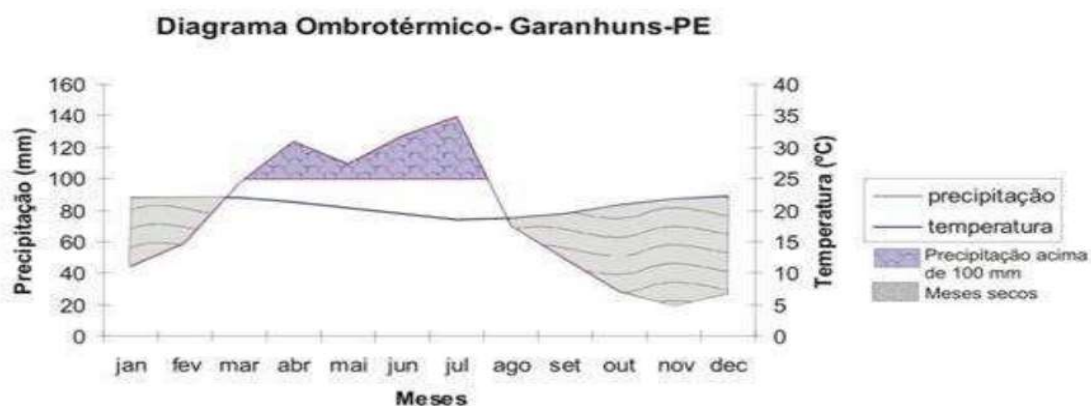
Isso posto, é possível observar que a pluviosidade é bastante acentuada no município e acaba atuando como mais um fator de contribuição da dinâmica erosiva local. Para melhor visualização desse fato, recomenda-se a leitura do trabalho recente de Monteiro Costa e Filho (2018), que mostra como as chuvas constantes em confluência com a erosão afetam a realidade do bairro da Liberdade no município.

Azambuja (2007, p. 64) relata que a relação existente entre a intensidade pluviométrica de um local, unida às sazonalidades e às propriedades do solo acabam por se configurar como um parâmetro que torna possível observar as desestabilizações na paisagem. A autora destaca ainda que no caso do município de Garanhuns esse fator é um problema frequente.

Lima et al. (2012) em sua análise de risco geomorfológico nas áreas de expansão urbana do município, corroboram com a hipótese dessa pesquisa quando mostram que a atuação da dinâmica climática atua como um catalisador do problema, como bem destaca Azambuja (2007, p. 64) quando diz que os eventos torrenciais mal distribuídos ao longo do ano provocam rápidas mudanças na estrutura superficial da paisagem, mas que, por diversas vezes, o problema é agravado, ou até mesmo gerado, pela atuação do homem no espaço, ou seja, o clima e a declividade como bem destacam os autores supracitados influenciam diretamente na dinâmica morfológica local, mas a má gestão do espaço é o principal fator agravante.

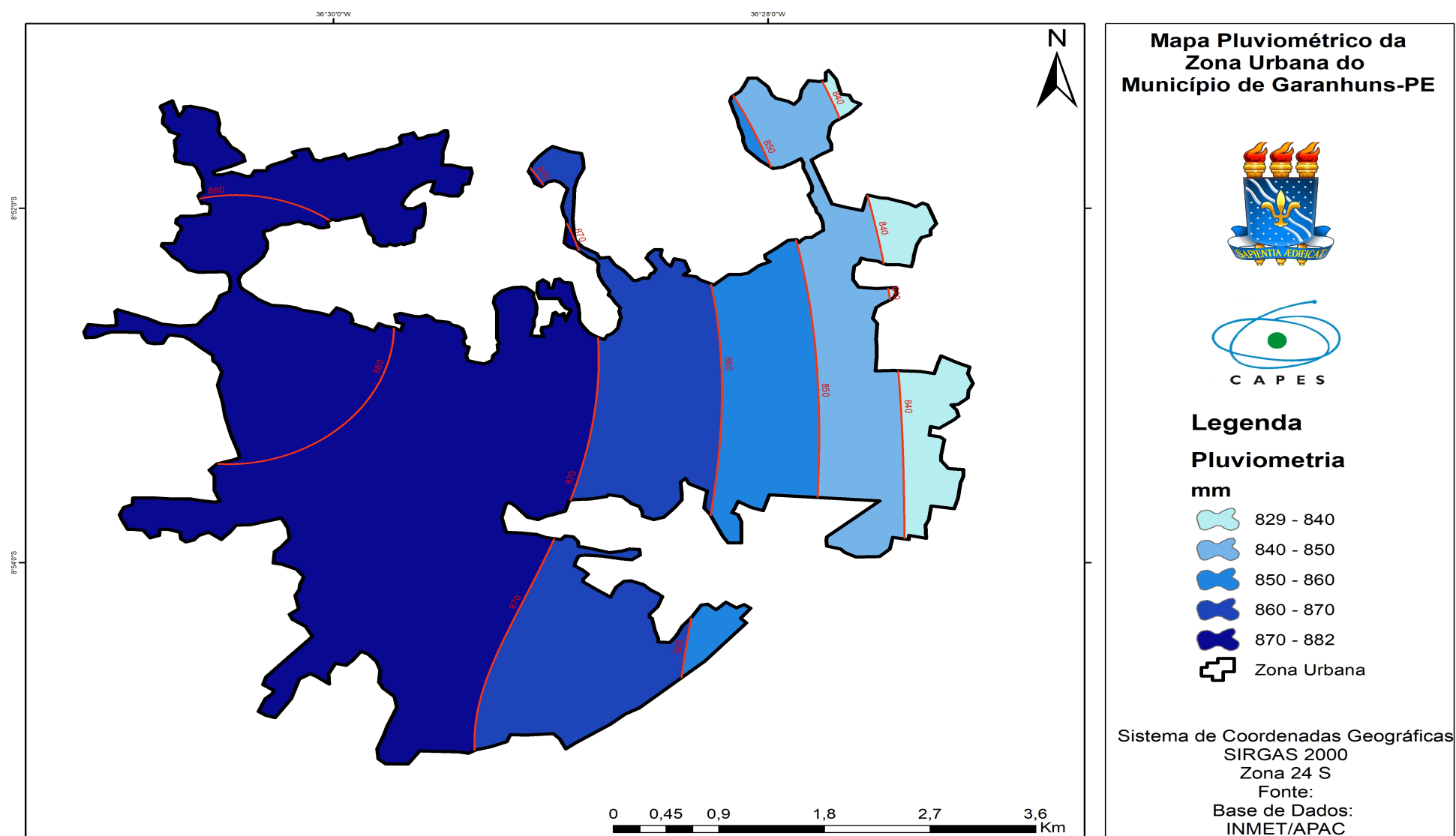
Através de uma interpolação de pontos feita por meio do software *Excel* em consonância com dados vetoriais em SIG, tendo como base os pluviômetros de Garanhuns e cidades do entorno, como São João, Brejão e Caetés, foi possível observar (Figura 13), que a realidade pluviométrica varia de 829 a 882mm. A figura 12 representa um diagrama ombrotérmico do município, criado por Azambuja (2007), e possibilita visualizar toda a dinâmica pluviométrica ao longo de um ano na área de estudo.

Figura 12: Diagrama Ombrotérmico – Garanhuns PE.



Fonte: Azambuja, 2007.

Figura 13: Mapa pluviométrico da zona urbana do município de Garanhuns - PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4.2.3 Solos

De acordo com Azambuja (2007, p.79), o município de Garanhuns possui solos de diversas classes como: Latossolo amarelo; Argissolo; Regossolo; Planossolo. Como bem destaca a figura 14. O levantamento de solos originalmente foi feito pela EMBRAPA, no ano de 2002, com a escala de 1:100.000. Dentro dessa realidade, a zona urbana do município se localiza quase que completamente dentro dos domínios do Latossolo amarelo, e tal realidade é comprovada por Soares (2015) em sua análise das problemáticas socioambientais das nascentes do município e por Azambuja (2007) em sua importante análise geomorfológica das áreas de expansão urbana do município.

A presença quase que total de Latossolo amarelo na zona urbana do município pode ser melhor verificada tanto na figura 14 quanto na figura 15. Essa realidade também corrobora com a ideia geral da análise descritiva da pesquisa de que fatores naturais tornam a zona urbana do município de Garanhuns um ambiente naturalmente propício, não só ao surgimento, como ao desenvolvimento de processos erosivos.

De acordo com Soares (2015), os Latossolos amarelos são profundos, bem drenados, capazes de armazenar mais água e possuem boa retenção de umidade e permeabilidade, o que favorece de forma substancial a recarga dos aquíferos, e ao mesmo tempo cria uma situação de susceptibilidade à erosão hídrica. O autor ainda destaca que a situação se agrava quando isso ocorre em encostas ocupadas de forma inadequada por moradias, situação recorrente na área de estudo, o que gera grandes voçorocas em várias partes do centro urbano, realidade melhor observada no trabalho de campo apresentado na pesquisa.

De acordo com Azambuja (2007), os Latossolos amarelos se constituem por minerais altamente intemperizados, além de argila de baixa atividade. Seus perfis alcançam espessuras superiores a 2 metros e horizontes B Latossólico profundo. Nesse horizonte B se formam microagregados que concedem a esse tipo de solo alta porosidade. Dessa forma, torna-se possível uma maior permeabilidade da água, criando o ambiente perfeito para o aumento do risco geomorfológico, principalmente quando esses solos se localizam em encostas urbanas.

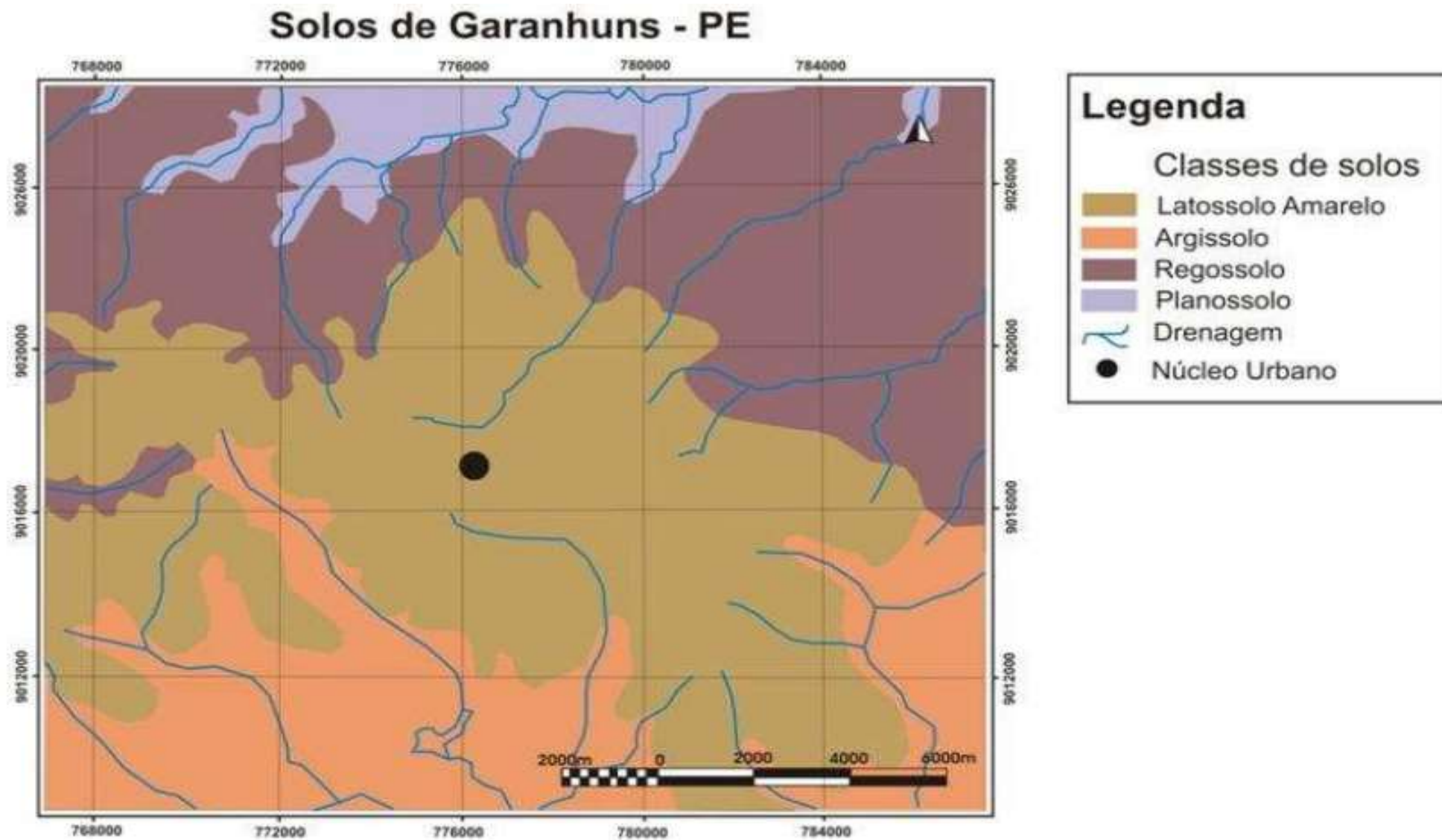
Promovendo um maior nível de detalhe ao estudo dos solos encontrados na zona urbana do município, Azambuja (2007) relata a presença de Argissolos no entorno urbano. Tais solos se caracterizam como profundos, de coloração amarelada, além de nítida diferença textural entre o horizonte A superficial e o horizonte B textural. Geneticamente falando, a autora destaca que essa ocorrência de Argissolos pode ser considerada como um processo de podzolização de Latossolos e esse fator, unido às condições climáticas locais, concede aos Argissolos uma maior sensibilidade, propiciando e facilitando a ocorrência de erosão laminar e linear, e movimentos de massa.

Torna-se interessante destacar como mais um fator natural oportuniza o surgimento e avanço de processos erosivos na zona urbana do município de Garanhuns, uma vez que os tipos de solo encontrados nessa região já são naturalmente propícios, sendo o Latossolo amarelo poroso e permeável, o que cria ambientes de desenvolvimento de erosões, e o Argissolo, que quando influenciado pelas condições climáticas propicia diversos tipos de erosão.

A situação se agrava de solo quando esses dois tipos são encontrados em áreas de encosta, quadro comum do município. Por conseguinte, são ainda mais alavancados pela má gestão do espaço, que é bem destacada por Lima et al. (2012), situação também encontrada com facilidade na área de estudo.

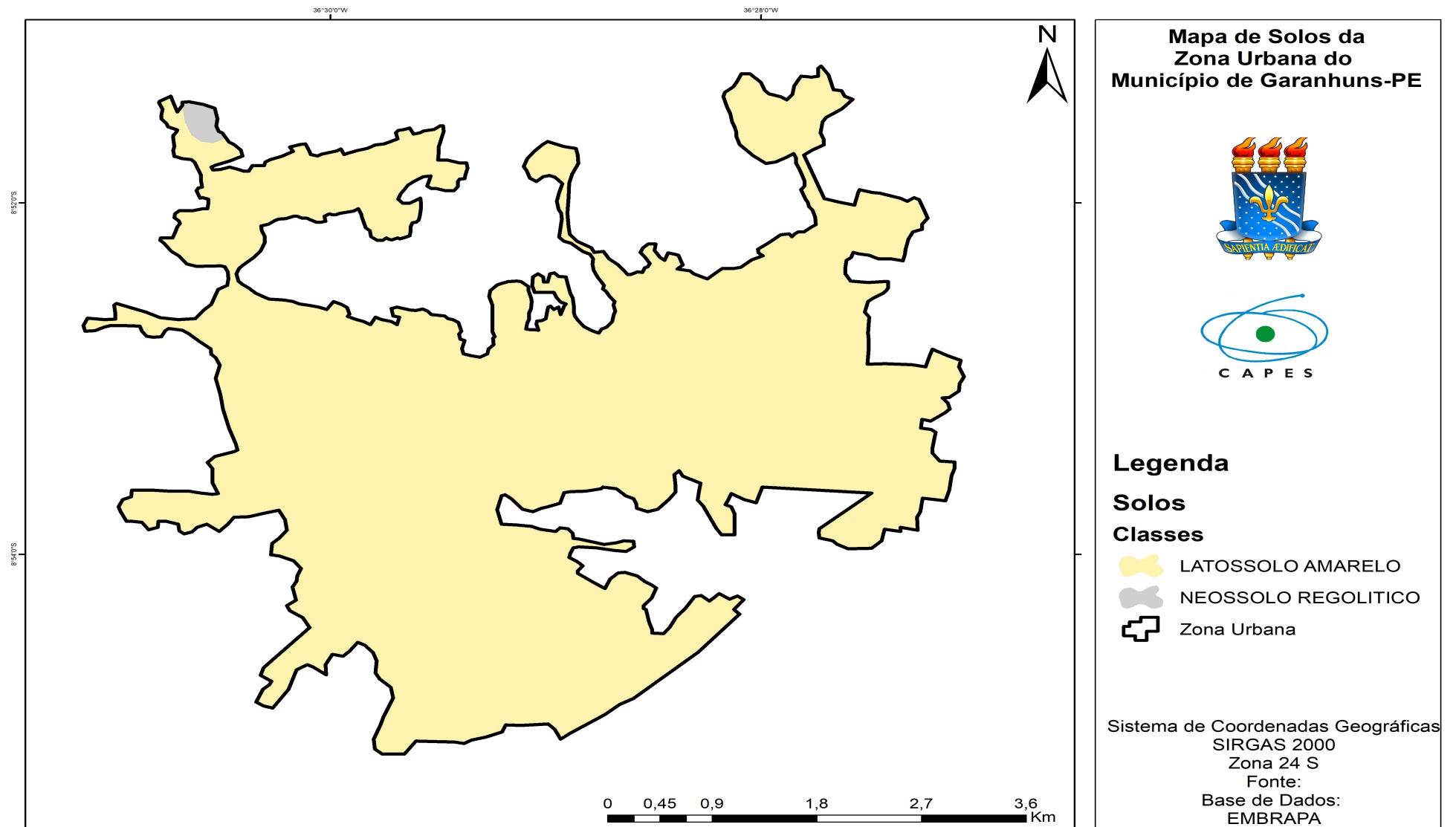
Os tipos de solos encontrados no município podem ser melhor observados pelo levantamento de Azambuja (2007), destacado na Figura 14. Aqueles encontrados na zona urbana podem ser melhor visualizados pela figura 15. Todo o material cartográfico relacionado a solos seguiu o levantamento de baixa e média intensidade de solos do estado de Pernambuco, produzido pela EMBRAPA – Solos em 2002, na escala de 1:100.000, sendo o de Azambuja (2007) devidamente modificado para os interesses da autora.

Figura 14: Solos de Garanhuns – PE.



Fonte: Azambuja, 2007.

Figura 15: Mapa de Solos da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4.2.4 Declividade

Para análise da declividade na zona urbana do município foi gerado, através de modelos digitais de elevação obtidos por meio das imagens de alta resolução da aerofotogrametria, um produto cartográfico que acaba por auxiliar na melhor visualização do quadro da situação da área de estudo.

Foram criadas cinco classes distintas de análise subdivididas através do coeficiente de declividade medido em graus, onde: a primeira classe, de cor verde escura, denota as áreas declividade de 0 a 5 graus; a segunda classe, de cor verde clara, demonstra as áreas com declividade de 5 a 10 graus; as amarelas, na terceira classe, com declividade de 10 a 20 graus; de 20 a 45 graus são a quarta classe, de cor laranja; as áreas de 45 a 90 graus, compondo a quinta classe, com cor avermelhada.

Toda essa realidade é melhor concebida no mapa de declividade da zona urbana do município de Garanhuns, retratado na figura 17, na qual é interessante destacar que as áreas com graus mais acentuados de declividade, facilmente visualizadas, são justamente as áreas onde encontramos as voçorocas urbanas que serão melhor retratadas e apresentadas posteriormente na pesquisa.

Corroborando com a realidade mostrada nessa parte da pesquisa, estão os estudos e resultados de Lima et al. (2012), que mostram em seu mapa de declividade da zona urbana de Garanhuns áreas classificadas entre: terreno plano; fraca; moderada; média; forte; muito forte. Apresentando que as áreas consideradas de expansão urbana na época da pesquisa, localizam-se nos limites dos pontos de risco geomorfológico, região essa em que a declividade acaba, de acordo com os autores, por acentuar a susceptibilidade à ocorrência de desastres naturais. É possível visualizar de melhor forma na figura 16 os resultados do trabalho dos autores.

Em contribuição a essa realidade, é possível citar a pesquisa de Azambuja (2007), que demonstra que a susceptibilidade do relevo de Garanhuns está diretamente ligada não só à situação topográfica (compartimento de encostas), como também às altas declividades e às atividades antrópicas, essa última se configurando como agente catalisador e impulsionador. Dessa forma, verifica-se que a acentuada declividade do município corrobora diretamente na dinâmica erosiva do mesmo, e o principal fato a ser observado nessa análise é que dentro

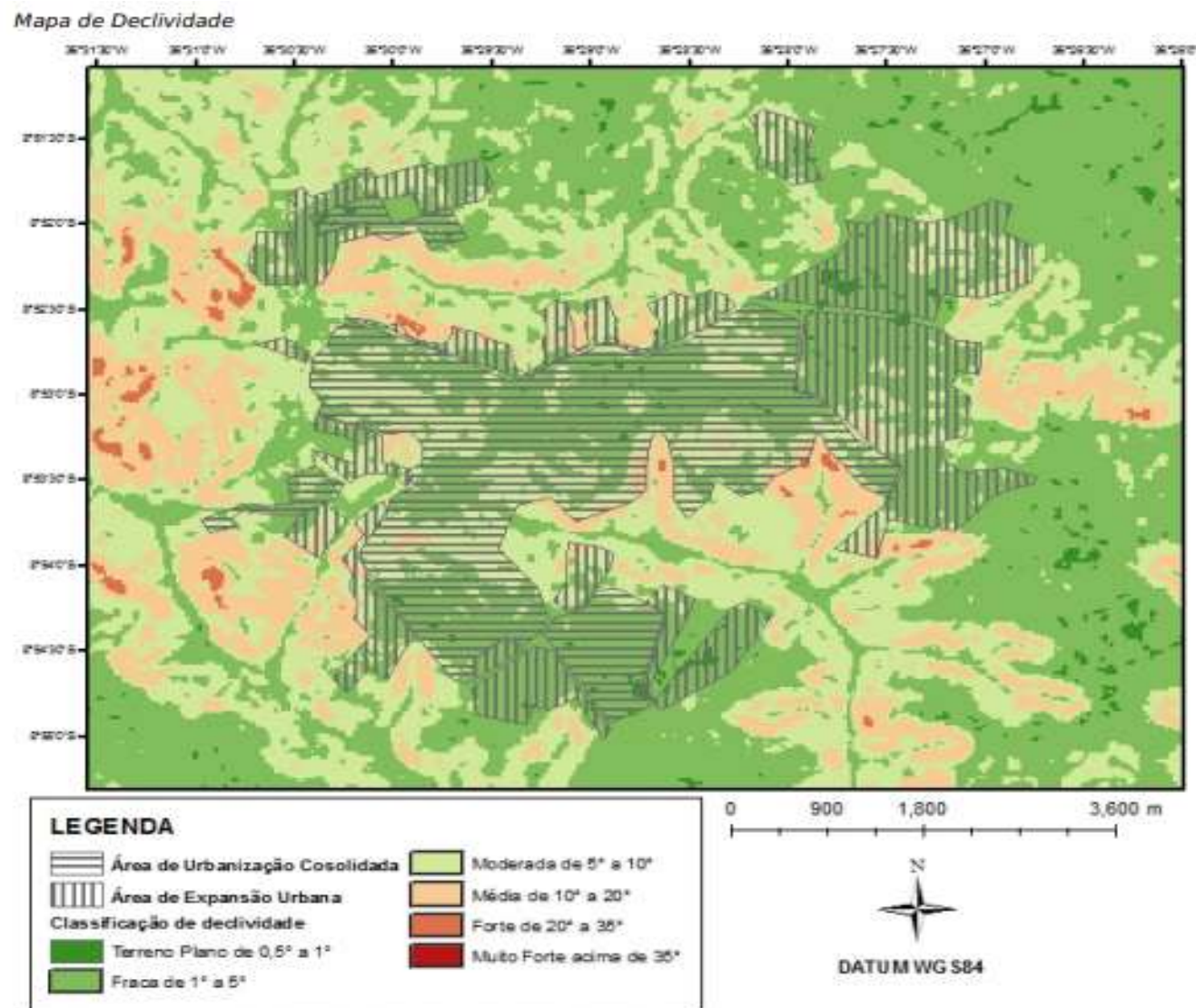
da zona urbana do município se encontram áreas com maior nível de declividade.

Como bem ressaltado pelo manual técnico de geomorfologia do IBGE (2007), nessas áreas com declividade bastante acentuada, é possível notar que passa a acontecer uma concentração exacerbada do escoamento superficial que, por sua vez, remove o horizonte A dos solos, atingindo diretamente o horizonte B, fator esse que culmina na formação de ravinas e, por conseguinte, voçorocas.

A formação de voçorocas, como supracitado na pesquisa, faz parte da dinâmica natural do meio ambiente. Em zonas onde não há a presença de população esse fato não se configura como preocupante, mas quando se fala de voçorocas em zonas urbanas, como no caso da área de estudo, é deveras importante tratar do assunto com determinada preocupação, visto que, o avanço de uma voçoroca, sua direção, fluxo e desprendimento de material, pode passar a oferecer um maior nível de preocupação a uma determinada população que esteja compartilhando da mesma área.

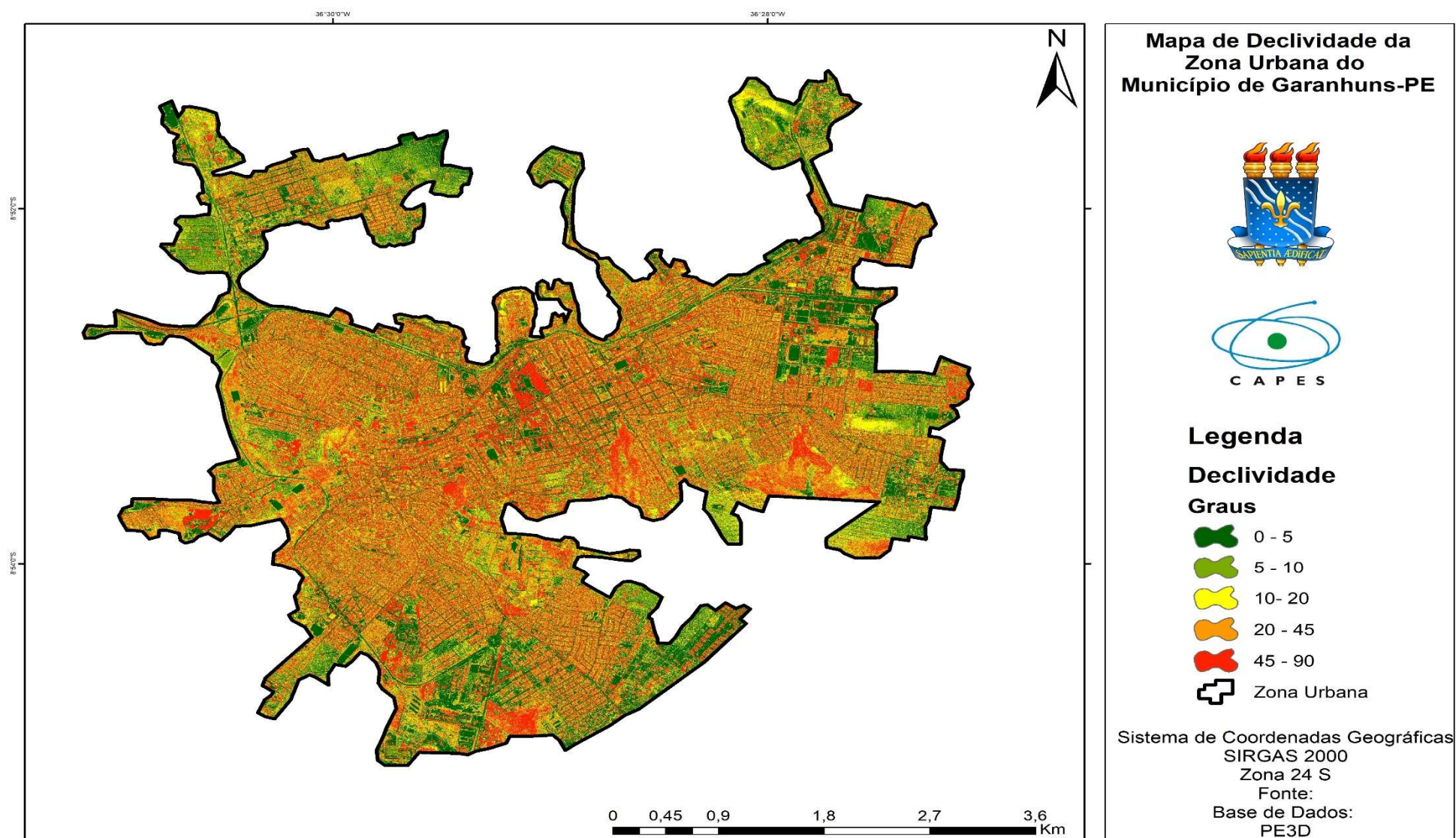
Assim sendo, é possível notar que a própria morfologia do município enquanto fator natural, acaba acentuando ainda mais o nível de erodibilidade da região. Percebe-se, portanto, uma verdadeira concatenação de fatores, que unidos aguçam de forma natural o nível de erosão encontrado nessa região, onde direta e indiretamente a ação antrópica atua de forma a acelerar e intensificar tais processos. Essa realidade amostral pode ser melhor verificada nas figuras 16 e 17, constantes abaixo.

Figura 16: Mapa da Declividade.



Fonte: Lima et al., 2012.

Figura 17: Mapa de Declividade da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

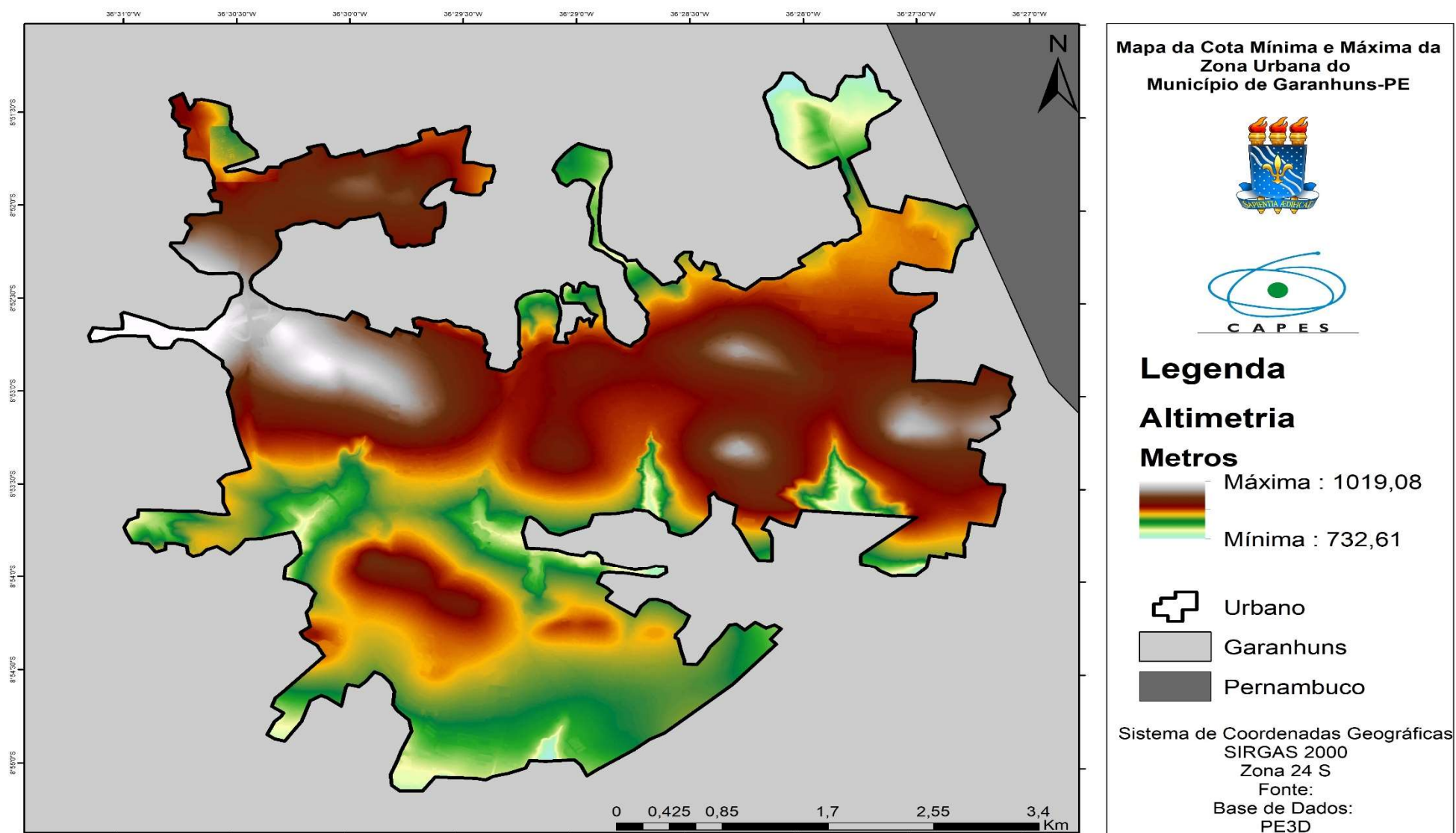
4.2.5 Hipsometria

Para representar a realidade hipsométrica da zona urbana do município de Garanhuns foram formulados, através do geoprocessamento, dois modelos digitais de elevação. Utilizou-se por base os dados obtidos por meio da aerofotogrametria, para que fosse possível mostrar quais as cotas de altitude local.

Por meio desses, foi possível comprovar as mesmas informações obtidas através da análise de declividade: a zona urbana possui tanto as declividades mais acentuadas quanto, por consequência, as maiores cotas de altitude. É interessante notar nos dois produtos que a realidade mais expressiva da zona urbana do município, em questões de altimetria, está dos 730m acima sendo, predominantemente, uma área de altitude bastante elevada.

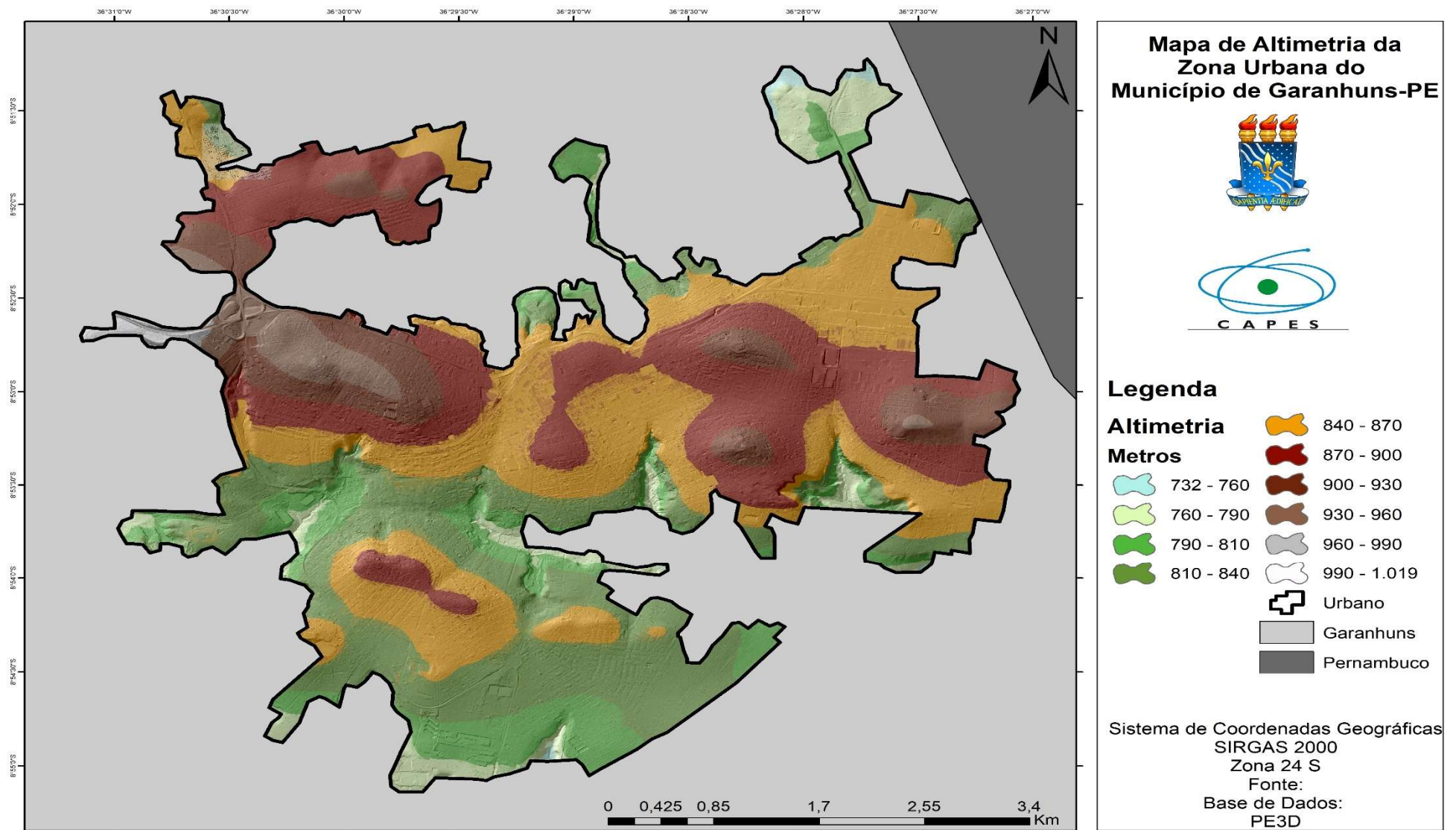
No primeiro mapa (Figura 18) é possível observar, através da utilização de uma variável de cor, a cota mínima de altitude do município, possuindo 732,61 metros, e a cota máxima possuindo 1019,08 metros. As cores mais frias demonstram os menores valores e as cores mais quentes chegando até o branco, demonstram os valores maiores. Já no segundo mapa (Figura 19) percebe-se uma divisão de classes por meio de cotas altimétricas.

Figura 18: Mapa Hipsométrico do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 19: Modelo Digital de Elevação do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4.2.6 Geologia

Como bem pode ser observado nas figuras 20 e 21, representadas abaixo, o núcleo urbano de Garanhuns localiza-se na quarta unidade do complexo Cabrobó, mas no município como um todo ainda há a presença do complexo Belém do São Francisco, como destacado pelo levantamento de Azambuja (2007). Localizado no planalto da Borborema, o município de Garanhuns, de acordo com Soares (2015), fica ao sul do lineamento Pernambuco, no batólito Pernambuco-Alagoas. O complexo de Cabrobó, supracitado, onde localiza-se a zona urbana, caracteriza-se de acordo com Carmona (2002) da seguinte forma:

Este complexo é determinado por seqüências metassedimentares: biotita gnaisses quartzo-feldspáticos (às vezes com granada), mica-xistos, muscovita gnaisses, metagrauvacas, paragnaisses (algumas vezes migmatizados) e migmatitos. Apresentando também lentes de quartzitos, anfíbolitos e mármore e meta-arcósios com níveis quartzíticos. (CARMONA, 2002, p. 45)

Ainda sobre esse complexo, é interessante notar os apontamentos de Azambuja (2007) em seu levantamento geomorfológico das áreas de expansão urbana de Garanhuns, quando mostra que:

O Complexo Cabrobó está presente em vários tratos do terreno Pernambuco-Alagoas, este complexo cruza uma faixa de direção E-W abrangendo toda porção centro-sul da área mapeada, na qual encontra-se a área urbana de Garanhuns. [...] A primeira porção ocorre de maneira predominante sobre a faixa central da área, composto por metagrauvacas turbidíticas com esporádicos porfiroblastos de feldspato, associados a granada e cianita; lentes de calcários cristalinos e rochas calcissilicáticas bem como raras lentes de metamáficas, apresentando-se em leitos psamíticos e pelíticos centí-decímétricos, alternados. A segunda forma está localizada em uma pequena porção que ocorre de forma isolada sobre o domínio de Rochas Metaplutônicas no setor extremo NE da área de estudo. É caracterizada pela constituição de metarcósios com muscovita, incluindo níveis de muscovita quartzitos. (AZAMBUJA, 2007, p. 59)

De acordo com a CPRM (2020), pela predominância de quartzitos na quarta unidade do complexo Cabrobó, a mesma também pode ser chamada de Unidade Quartzítica da Região de Garanhuns. Essa é destacada por Soares, (2015) através do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Mundaú, como uma componente litoestratigráfica que possui em sua constituição uma unidade metassedimentar clástica, composta principalmente de quartzitos, metarcósios e grauvacas, onde ainda é possível encontrar um complexo

migmatítico-granitoide, com predominância de migmatitos, e rochas granitizadas que possuem texturas variadas (PERNAMBUCO, 1999).

Para melhor entender como se comporta a realidade geológica do município, é interessante também notar as características do complexo Belém de São Francisco que, apesar de não se encontrar na zona urbana do município, faz parte do mesmo e merece atenção. Sobre isso Azambuja (2007) destaca:

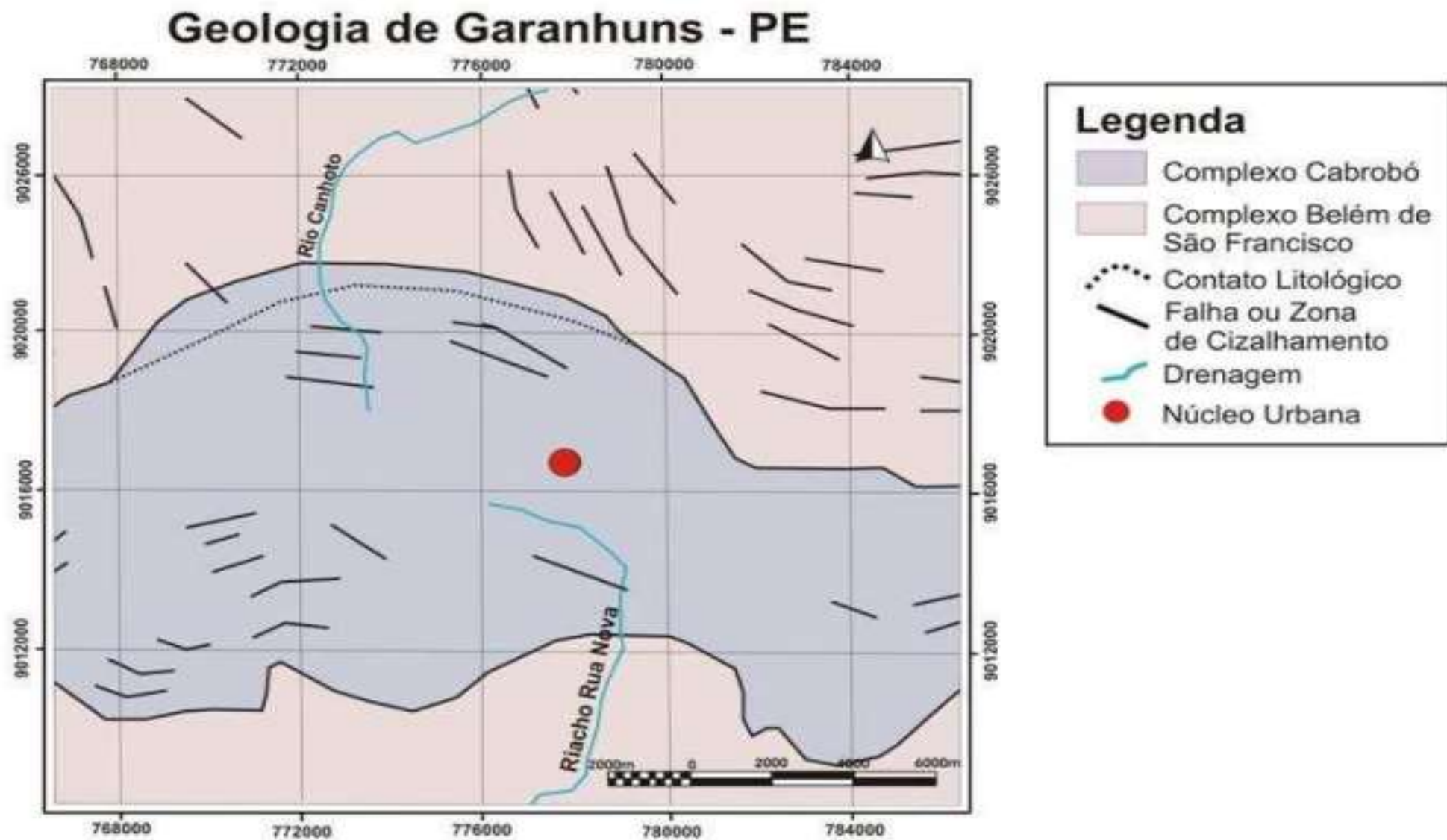
O Complexo Belém de São Francisco encontra-se ao redor desta faixa tanto sobre a porção meridional, quanto sobre a porção setentrional caracterizado pela presença de ortognaissesses e migmatitos com restos de supracrustais. Predominam meta leucogranitos róseos e migmatitos que englobam restos de ortognaissesses tonalítico-granodioríticos supracrustais do Complexo Cabrobó. (AZAMBUJA, 2007, p. 59)

Ainda sobre o complexo Belém do São Francisco, é importante notar a contribuição de Carmona (2002) quando relata as características do mesmo dizendo:

Este Complexo é constituído por rochas compostas de uma associação granítico-migmática que apresenta biotita ortognaissesses tonalíticos a granodioríticos, leucocráticos de cor cinza, migmatitizados e migmatitos com mesossoma quartzo diorítico/tonalítico a anfibólio e/ou biotita, além de porções anfibolíticas. Apresenta também ortognaissesses metaluminosos a peraluminosos leucocráticos de granulação fina e grossa, exibindo-se em alguns casos migmatitizados, bem como, augen gnaissesses metaluminosos. Além disso, exibem-se nestre Complexo, relíquias de rochas paraderivadas do Complexo Cabrobó, tais como: quartzitos, mármore e rochas cálcio-silicáticas. (CARMONA, 2002, p. 45)

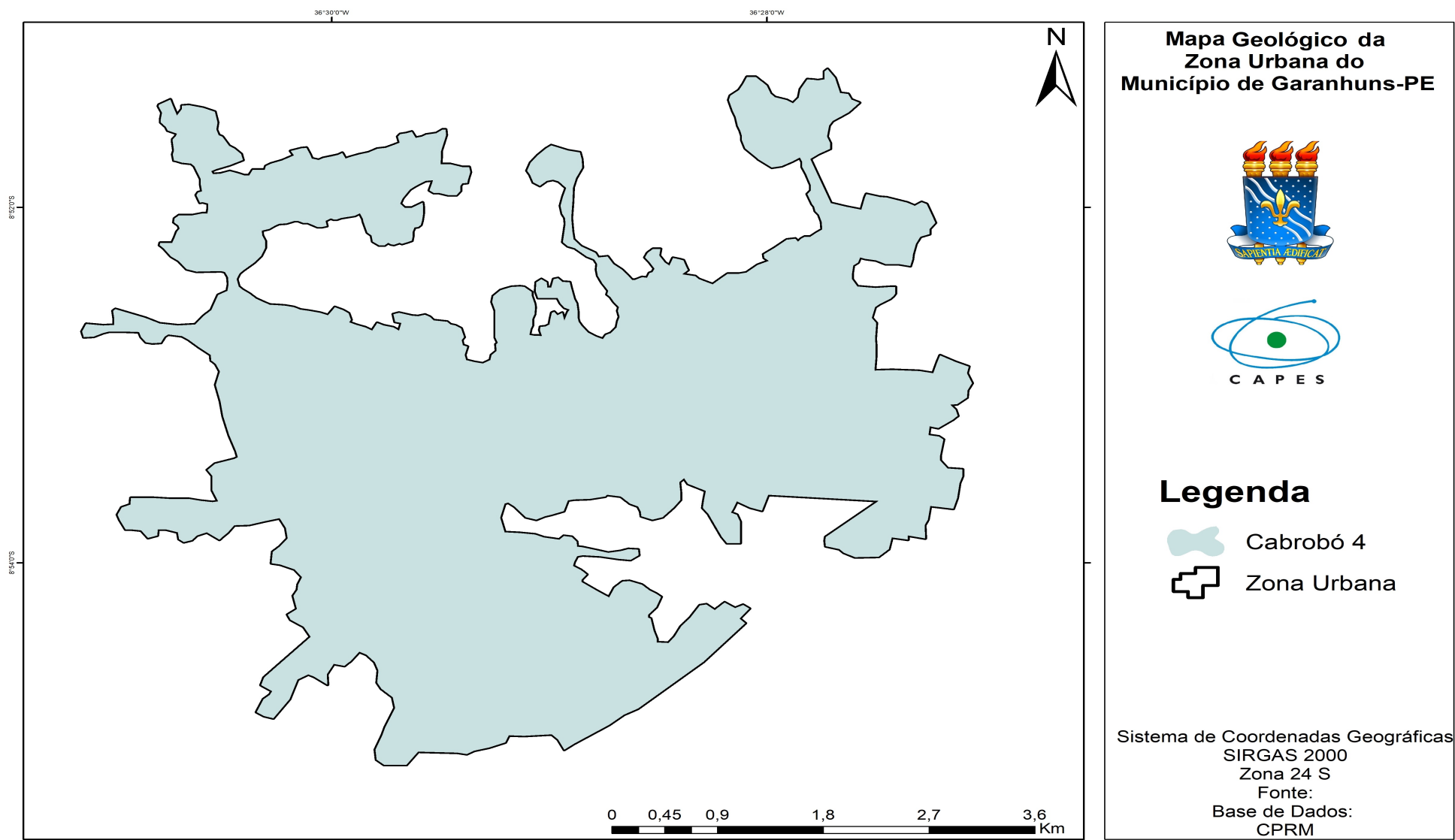
Assim sendo, a realidade geológica da área de estudo pode ser melhor observada pelas representações constantes nas figuras 20 e 21, com diferentes escalas, sendo que uma demonstra o município e outra apenas a zona urbana de forma mais específica.

Figura 20: Geologia de Garanhuns – PE.



Fonte: Azambuja, 2007.

Figura 21: Mapa geológico da zona urbana do município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4.2.7 Geomorfologia

O planalto de Garanhuns é, de acordo com Azambuja (2007), estruturado por uma sequência quartzítica que se localiza sobre embasamento gnáissico do terreno Pernambuco – Alagoas. O mesmo se localiza a montante de degraus de arqueamento, que são decorrentes de esforços de caráter transpressivos e distensivos.

Ainda sobre essa realidade, é importante destacar a contribuição de Correa (2001) quando o mesmo relata que é possível considerar a área de Garanhuns *strictu senso* como sendo um planalto, desde que se faça um único ressaltado sobre o largo eixo de arqueamento da Borborema que, por sua vez, se denomina patamar erosivo de Garanhuns.

Os levantamentos geomorfológicos da região são deveras escassos e necessários. Dentro dessas necessidades, o trabalho desenvolvido por Azambuja (2007) emerge como solução para a defasagem encontrada e acaba por mitigar os danos da falta de informações mais conclusivas acerca da geomorfologia local. A autora destaca que:

A compartimentação geomorfológica da área em apreço engloba as seguintes unidades: o patamar erosivo com área de cimeira entre 850 e 950 metros (incluindo a superfície somital no morro do Magano de 1024m), patamares de dissecação pedimentar a 750-700 e 650-600 metros, um pequeno conjunto de serras alongadas (cristas) de direção ENE/WSW, além de modelados de dissecação poli – convexa a 700 m de altitude ao sul das cristas. (AZAMBUJA, 2007, p. 95)

A autora, em seu levantamento geomorfológico, delimita e descreve alguns elementos denudacionais que ocorrem na região. Para melhor visualização de toda essa realidade geomorfológica, a mesma cria e apresenta um mapa geomorfológico de Garanhuns (Figura 21).

Dentre os elementos denudacionais estão os topos que, destaca Azambuja (2007), é onde se encontra a área urbana do município e as altitudes variam entre 800-950 metros, com rupturas de declividade e se apresentando fortemente dissecado sobre as unidades de encostas. Possui determinados registros extensivos de paleo-escarificações que, por hora, se estabilizam pela cobertura vegetal.

Outro elemento denudacional são as vertentes ou encostas que, como destaca a autora, são encontradas com determinada frequência e possuem três

tipos de ruptura de declividade: retilíneas; côncavas; convexas. Sobre elas a autora relata:

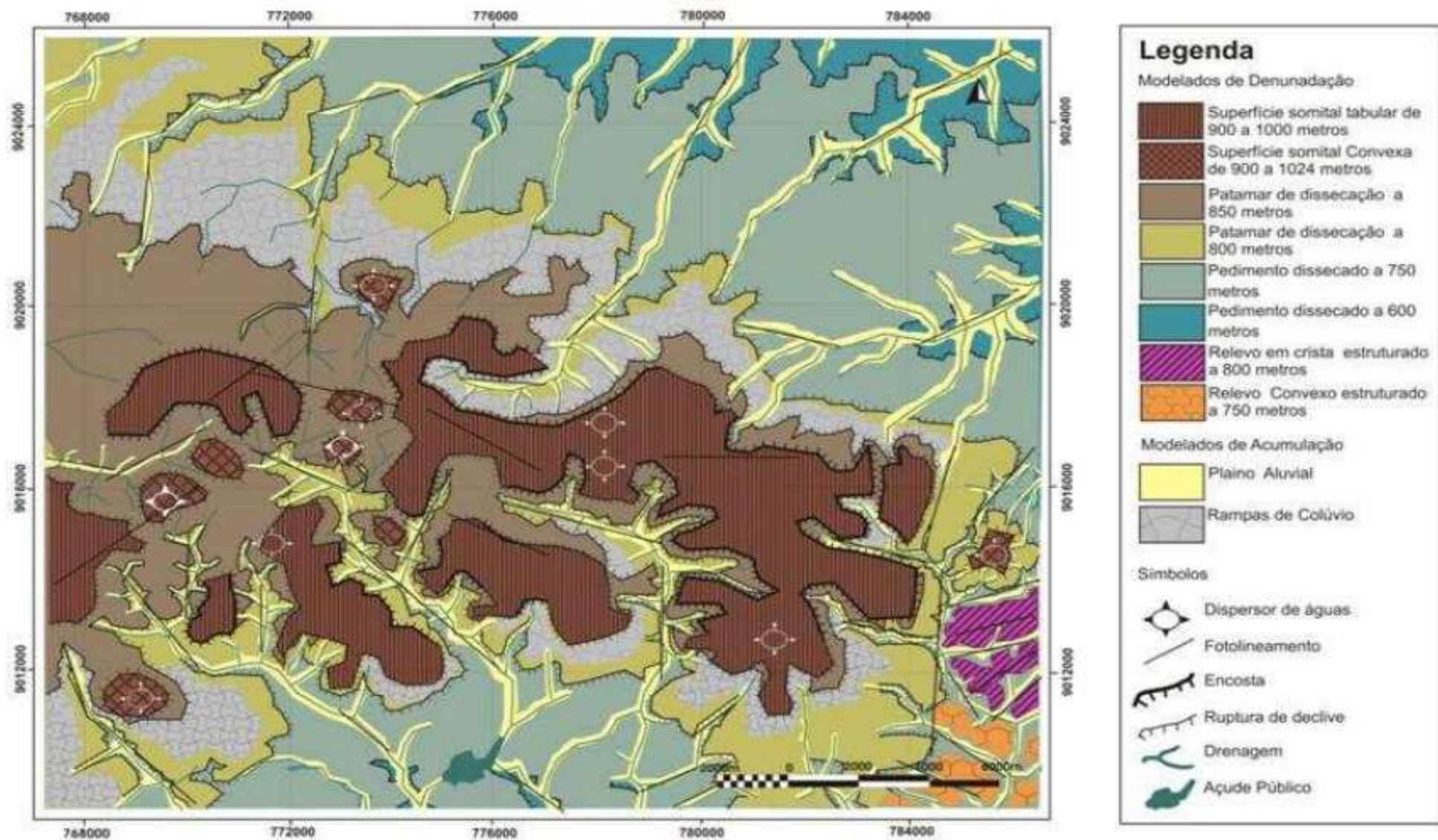
As vertentes retilíneas, em geral, estão associadas às formas côncavas em posição inferior da encosta. Neste tipo de feição, predominam as cicatrizes de deslizamento, que constituem presença ubíqua ao longo da área de perímetro urbano. [...]. Sobre esse ponto de vista, estas variáveis exercem forte controle sobre o modelado do relevo de Garanhuns que, associado à remoção da cobertura vegetal nos setores de cabeceira, tornam-se áreas susceptíveis às ações antrópicas. [...]. Constituem-se áreas, ao mesmo tempo de erosão e aporte de sedimentos e sua maior instabilidade decorre da ausência de cobertura vegetal nas áreas de concentração de fluxos. (Azambuja, 2007, p.98)

Ainda acerca dos elementos denudacionais, Azambuja (2007) corrobora mostrando que em alguns pontos da área de cimeira, geralmente sobre as porções meridionais e setentrionais dos patamares de dissecação de 750 e 650m, surge um relevo de características colinosas, que apresentam vertentes convexas. Essas por sua vez, de acordo com a autora, funcionam como uma área dispersora de águas e, de um modo geral, se encontram associadas à ocorrência de erosão mais uniforme e laminar. Nesse tipo de feição a ocorrência de fluxo de água concentrado gera um maior grau de instabilidade.

Em elementos de acumulação, a autora destaca a ocorrência de três tipos, são eles: rampas de colúvio; plano aluvial; terraços. Sobre as rampas de colúvio, Azambuja (2007) apresenta que são bastante comuns em áreas de transição entre encostas íngremes e terraços fluviais e que, na maioria das vezes, se configuram como instáveis por causa do caráter heterogêneo de seus sedimentos. A depender do estágio em que se encontram, tais áreas podem se transformar em novas fontes de sedimentos quando sofrem forte erosão.

Já os plainos aluviais ocorrem, segundo a autora supracitada, em áreas baixas e planas, que podem ser encontradas na própria zona urbana e se limitam por encostas de rampas de colúvio que acabam por formar um truncamento sobre as áreas de terraços. Esses últimos, que na área em questão encontram-se preenchidos por material aluvio-coluvionar cortado pela drenagem intermitente da área, e se configuram como áreas extensamente ocupadas pela agricultura de gêneros alimentícios (AZAMBUJA, 2007, p.101). Toda essa realidade pode ser melhor observada no levantamento realizado pela autora e muito bem destacado na figura 22 abaixo.

Figura 22: Mapa Geomorfológico de Garanhuns – PE.



Fonte: Azambuja, 2007.

4.2.8 Processos Erosivos

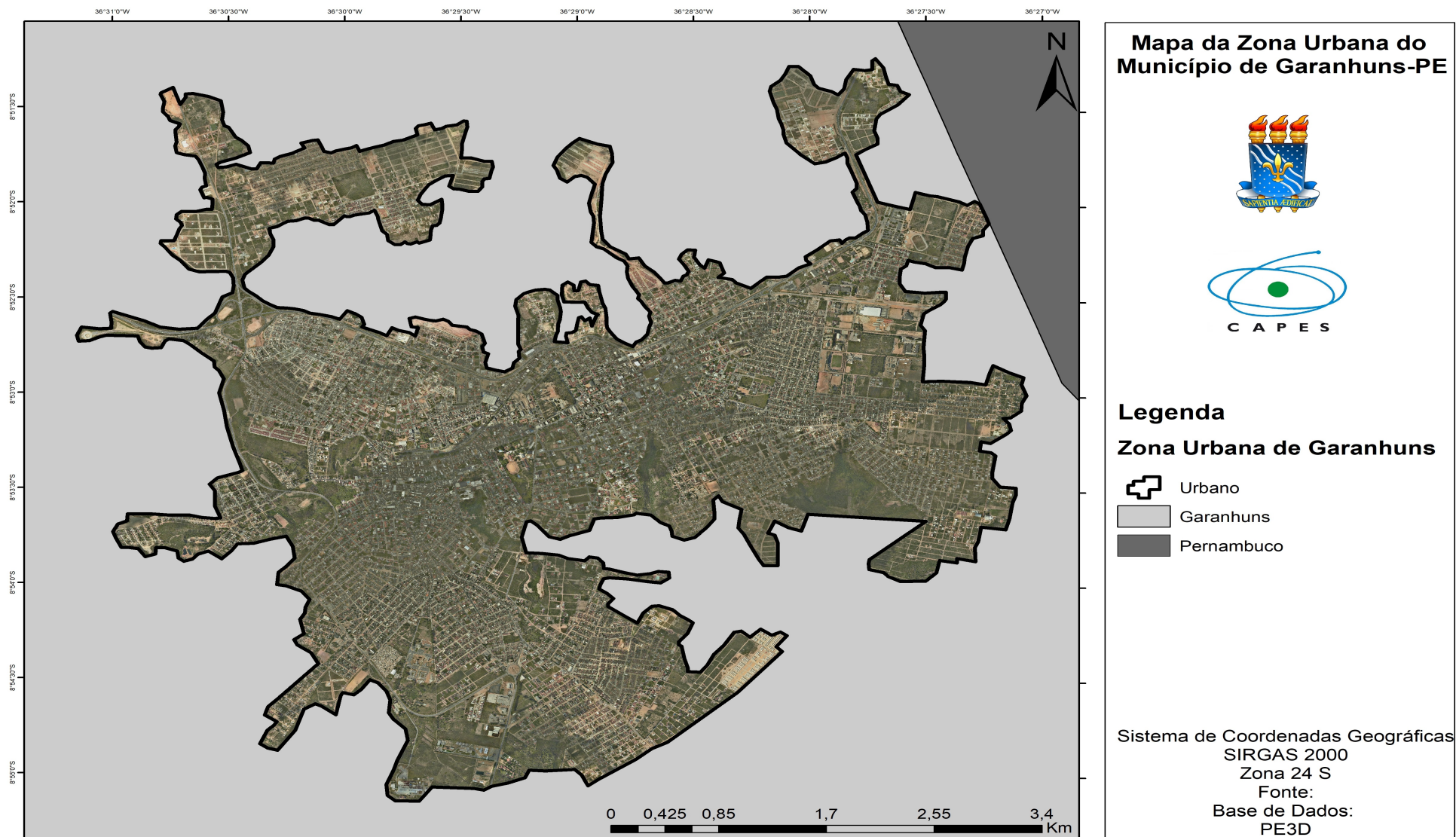
Foram definidos processo erosivos em caráter avançado, encontrados na zona urbana do município, para análise por meio das imagens obtidas através da aerofotogrametria. Posteriormente, por meio do processamento digital dessas imagens de alta resolução, foram obtidos o ortomosaico em RGB para visualização da cor real dos três alvos previamente definidos.

Por meio do modelo digital de terreno, em confluência com a análise da cor real dos alvos, foi possível analisar as características, buscando definir, por meio do geoprocessamento e da interpretação de imagens, áreas de interesse e sua área de influência do entorno.

O trabalho de campo, por sua vez, serviu como um processo de confirmação dos dados trabalhados em laboratório. Através das imagens adquiridas *in loco* foi possível observar tanto a existência quanto o avanço dos processos erosivos, além de se criar toda uma estrutura visual que possibilitará ao leitor da pesquisa um melhor entendimento das relações existentes entre os processos erosivos urbanos e a ação antrópica.

Na figura 23 é possível observar toda a realidade da zona urbana. Seu delineamento foi feito na escala de 1:30.000, mas os dados utilizados são de uma escala de 1:1000, obtidos através da aerofotogrametria do projeto Pernambuco 3D. Esses possibilitam uma observação de alta qualidade da área em questão, uma vez que por meio dessas imagens é possível notar com clareza todo o delineado das casas, da vegetação, os arruamentos, dentre outros alvos, que permitem entender e identificar de forma clara e simples quais os fluxos existentes na dinâmica presente entre as ações antrópicas e os processos erosivos.

Figura 23: Mapa da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Por meio da alta qualidade das imagens utilizadas, fator esse que só reitera o quanto a aerofotogrametria se comporta como ferramenta adequada para esse tipo de análise, foi possível observar a presença de áreas de descarte de resíduos sólidos, em destaque na figura 24, obtida através do trabalho de campo e que podem ser melhor observadas nos contornos em vermelho no mapa da figura 26.

Figura 24: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Pau Pombo.



Fonte: Fotografia obtida pelos autores.

Nas figuras 25 e 26, é possível observar uma voçoroca presente nas proximidades do parque Ruber Van Der Linden, que é um dos espaços ecológicos presentes na zona urbana da cidade, local de atração para os turistas. Esse, também conhecido pela alcunha “Pau Pombo”, abriga diversos festivais ao longo do ano, sendo dotado de uma elevada importância, tanto para a qualidade de vida no município, quanto para a dinâmica econômica do mesmo.

É possível observar a presença de lavoura de subsistência ocorrendo praticamente dentro da voçoroca, em área de ocupação irregular, uma vez que essa, supostamente, deveria estar protegida, para melhor acomodar a dinâmica fluvial local, o que é demonstrado na figura 25.

Figura 25: Lavoura na Voçoroca do Pau Pombo.

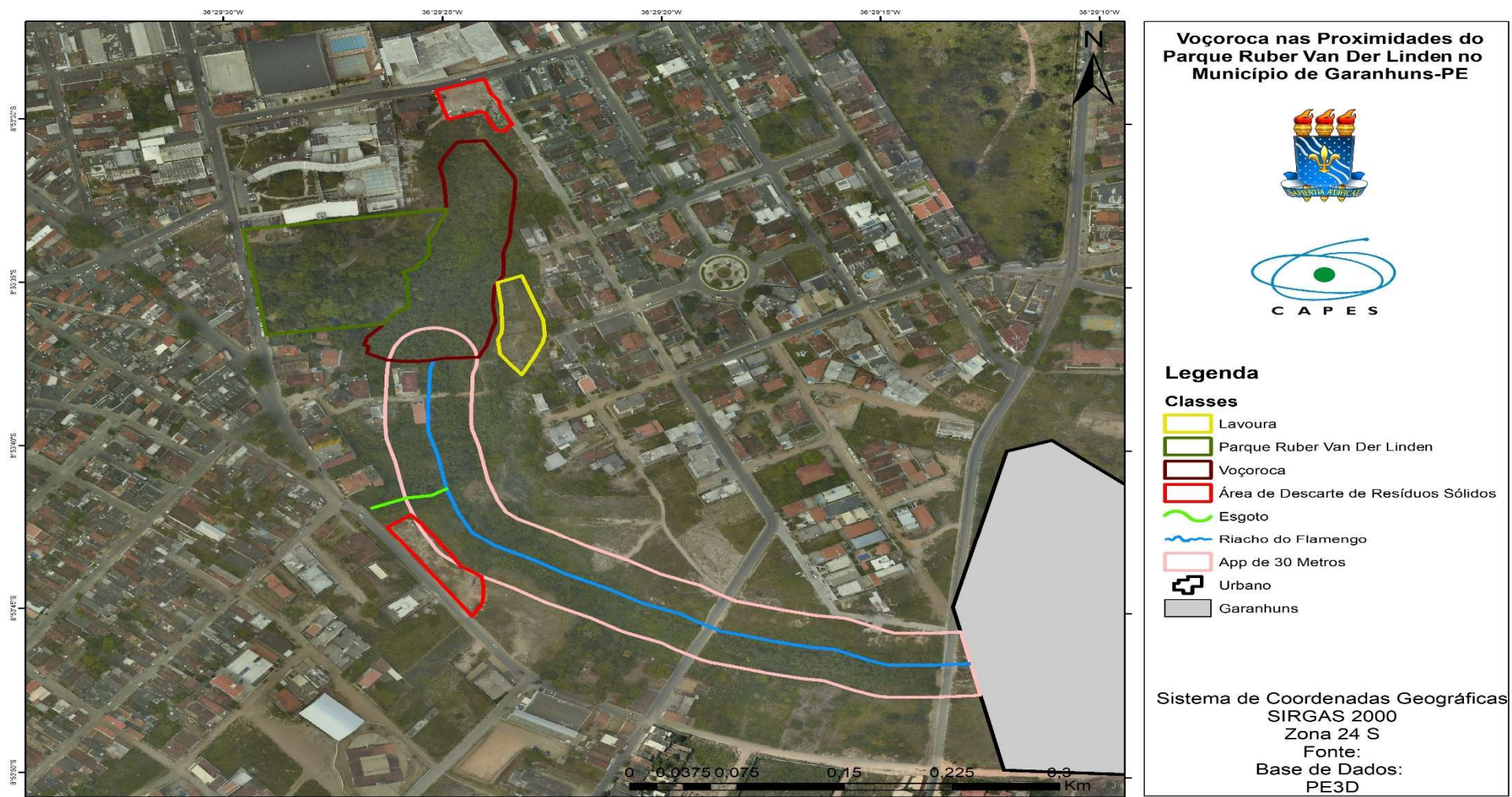


Fonte: Fotografia obtida pelos autores.

A voçoroca presente na figura 26 é a mesma citada anteriormente na análise histórica. Localiza-se nas proximidades da Rua Manoel Clemente, em destaque na primeira análise da pesquisa. Ela se encontra localizada no meio do bairro Santo Antônio, região central do município, e possui características totalmente urbanas. Para melhor visualização e entendimento da sua realidade amostral, foram delimitadas algumas classes por meio dos produtos da aerofotogrametria, demonstrando resultados de uma dinâmica prejudicial.

É importante ressaltar que a referida voçoroca conta com a presença de uma nascente em sua proximidade, a nascente do riacho flamengo, que recebe todos os afluentes de esgotos locais, destacados em verde no mapeamento, além de possuir uma segunda área de descarte de resíduos sólidos que, porventura, também serve como estacionamento temporário de uma igreja localizada nas proximidades. Esses fatores contribuem não só para o avanço dos processos, mas também para a compactação do solo e retirada da vegetação que protegeria o mesmo do aumento da erosividade. Esses processos podem ser melhor visualizados na figura 26.

Figura 26: Mapa da Voçoroca nas Proximidades do Parque Ruber Van Der Linden no Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Nas figuras 27 e 28 é possível visualizar mais áreas de descarte de resíduos sólidos. É importante ressaltar que, como bem destaca a figura 30, a voçoroca possui em seu interior uma nascente com curso de água, além da canalização de uma rede de esgoto local (Figura 29), fatores esses que corroboram para o aumento dos processos erosivos.

Na figura 30 encontramos um mapa da voçoroca localizada no bairro da Liberdade no município de Garanhuns. Nessa realidade, o processo erosivo possui um tamanho maior do que o anteriormente retratado e podemos encontrar nele os mesmos fatores negativos já previamente citados.

Figura 27: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca da Liberdade.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 28: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca da Liberdade.



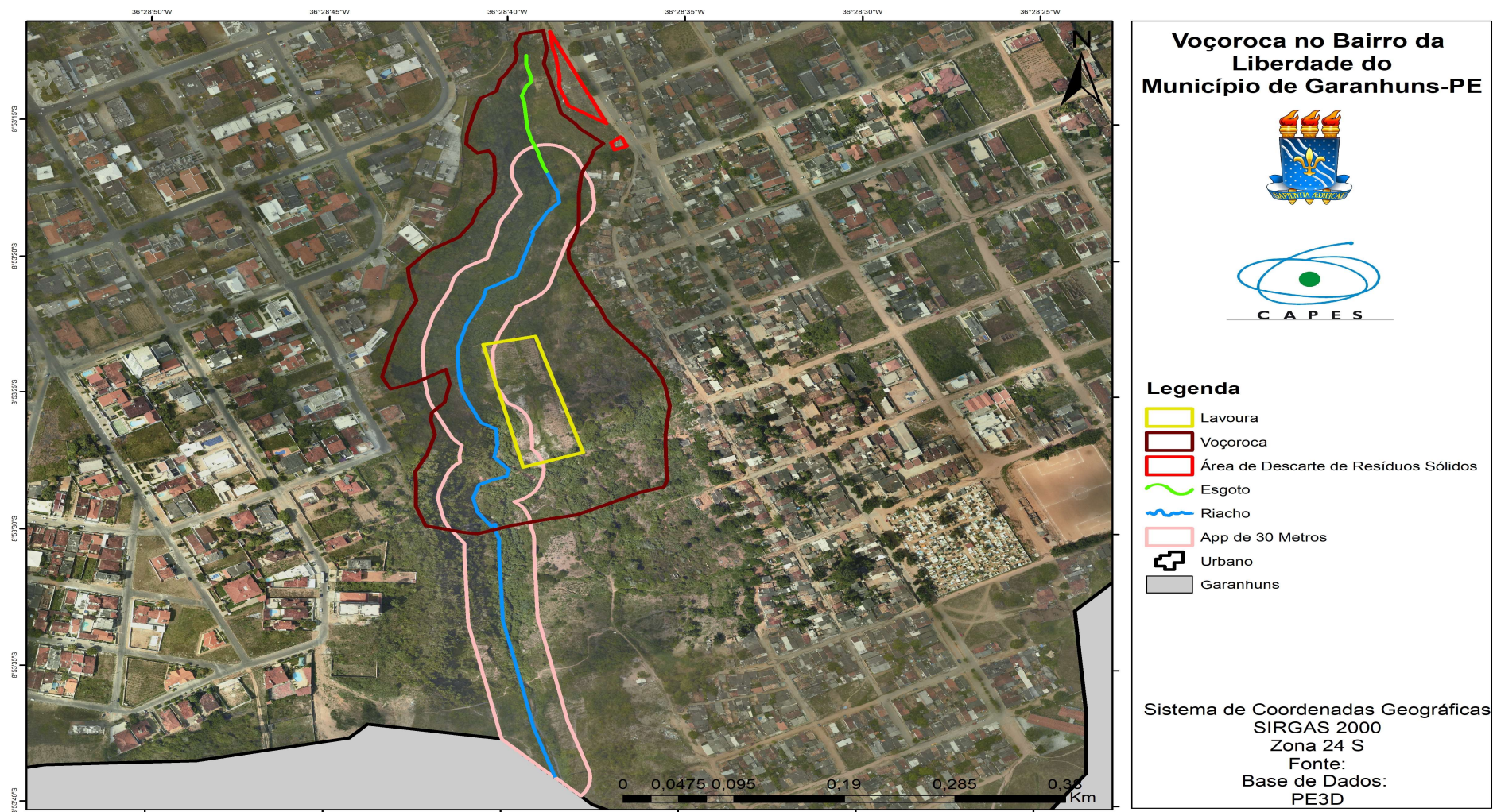
Fonte: Acervo dos autores.

Figura 29: Área de Rede de Esgoto na Voçoroca da Liberdade.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 30: Mapa da Voçoroca no Bairro da Liberdade do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

É possível observar nas figuras 31, 32 e 33 o nível de descarte de resíduos sólidos em ambos os lados da voçoroca. No caso em questão ainda é possível observar nas encostas marcas de fragilidade que comprovam o seu avanço (Figura 34), além da presença de lavouras (Figura 35) na mesma área.

Figura 31: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Parque Fênix.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 32: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Parque Fênix.



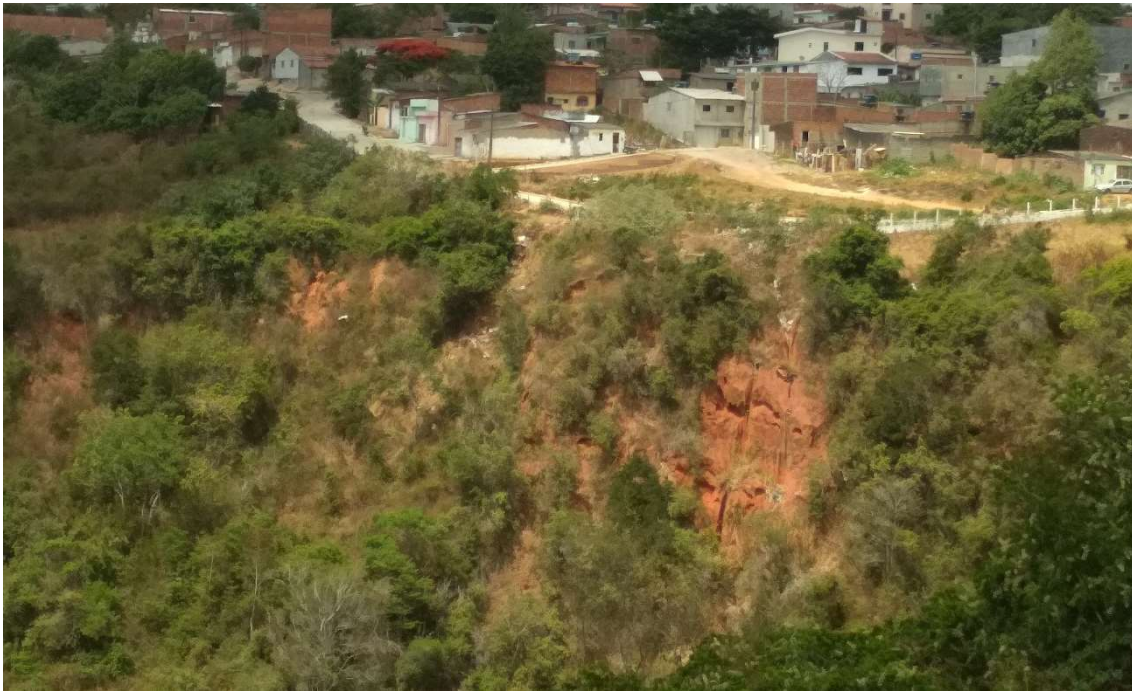
Fonte: Acervo dos autores.

Figura 33: Área de Descarte de Resíduos Sólidos na Voçoroca do Parque Fênix.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 34: Marcas de Fragilidade na Voçoroca do Parque Fênix.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 35: Área de Lavoura na Voçoroca do Parque Fênix.

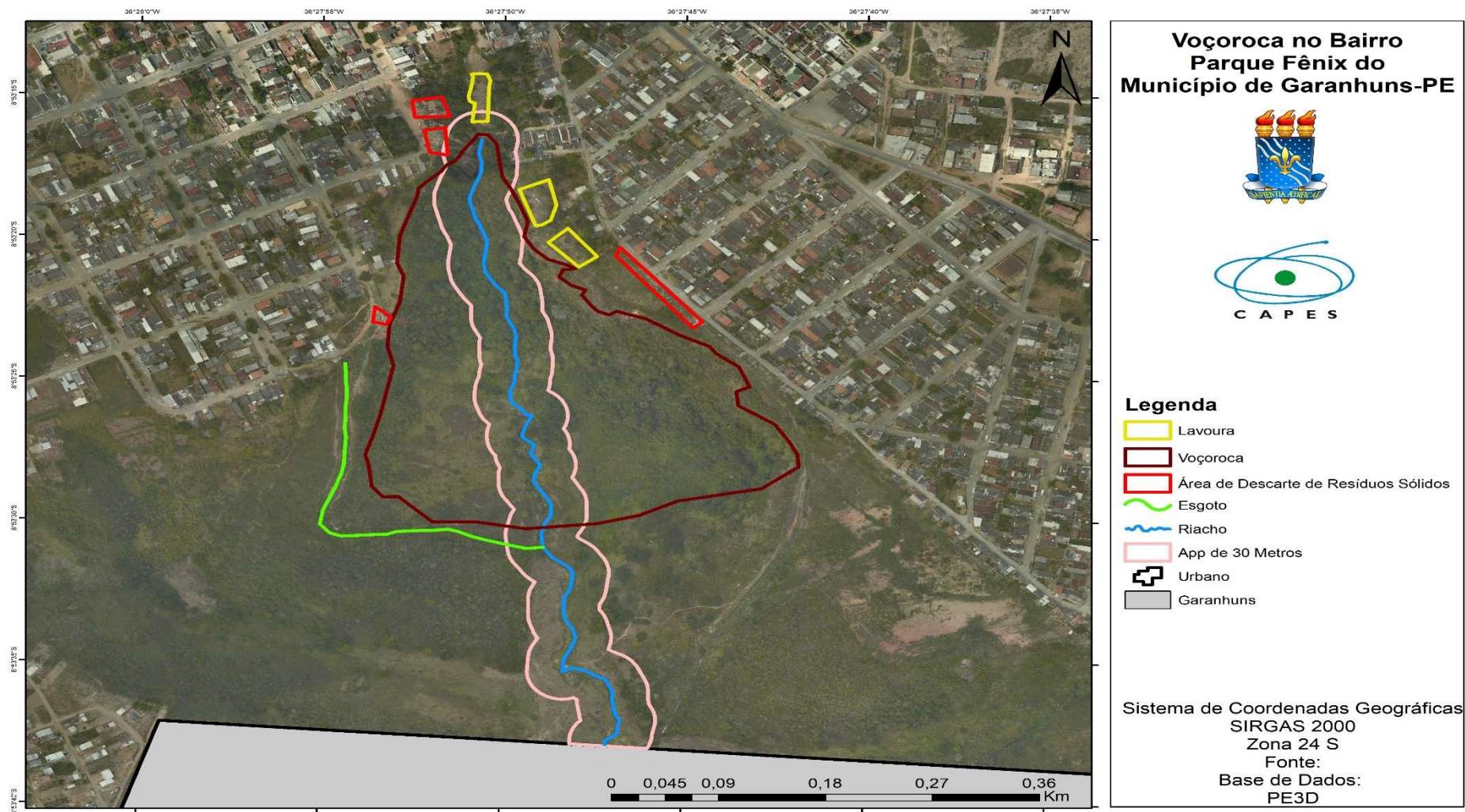


Fonte: Acervo dos autores.

Na figura 36, é possível visualizar e analisar a realidade existente na voçoroca do bairro Parque Fênix. Essa é a maior dentre as três analisadas e, apesar de se localizar em um bairro de classe baixa, onde a população local possui um poder aquisitivo totalmente oposto à população do bairro Santo Antônio, no qual está localizado a voçoroca do Pau Pombo, o quadro geral se repete.

Há presença de áreas de descarte de resíduos sólidos e áreas de lavoura, além de rede de esgoto. Nascente e curso d'água são mais uma vez observados. Toda a dinâmica existente entre ações antrópicas e processos naturais é mais uma vez configurada como predatória, desordenada e deveras abusiva.

Figura 36: Mapa da Voçoroca no Bairro Parque Fênix do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

As diversas atividades retratadas nas voçorocas escolhidas são consequências da ação antrópica desordenada e atuam de forma direta na intensificação dos processos erosivos analisados. Esses, apesar de possuírem características de cunho natural e serem produtos de uma realidade ambiental que propicia o seu surgimento pela união de diversos fatores, acabam sofrendo uma expansão forçada, que é alavancada pelas atividades retratadas acima.

Tais atividades ainda agregam bastante para o surgimento de graus de preocupação na região da zona urbana do município, e atuam como propagadoras de problemas diversos, como a vetorização de doenças. O acúmulo de lixo nessas regiões, em destaque nas figuras 26, 30 e 36, finda por criar um ambiente muito propício ao aumento do surgimento de animais peçonhentos e transmissores de doenças, como é o caso dos ratos, por exemplo.

Toda essa problemática observada tanto em gabinete quanto no campo, aponta para a comprovação da hipótese inicial da pesquisa: a ação antrópica é deveras predatória na área de estudo escolhida. Suas atitudes desordenadas, impulsionadas por uma má gestão pública, atuam como um agente intensificador de processos erosivos que, apesar de naturais e, como observado nas análises anteriores, deveras propícios a ocorrerem na área de estudo, acabam tomando proporções maiores por conta da dinâmica atual.

É importante reiterar o quanto a aerofotogrametria se encaixa como uma alternativa bastante eficaz para esse tipo de análise, uma vez que por meio de seus produtos de alta qualidade é possível observar e analisar com grande nível de detalhamento as classes aqui escolhidas como alvos.

Já o trabalho de campo, se consagra como a prova real daquilo observado em laboratório. Além de ser deveras necessário, se configura como bastante indicado, principalmente para melhorar o nível de compreensão das problemáticas abordadas.

Assim, portanto, é possível comprovar através da análise fisiográfica da zona urbana do município de Garanhuns – PE, que a região naturalmente se caracteriza como zona propensa ao surgimento de processos erosivos, devido a diversos fatores naturais que, unidos a uma má gestão pública e atividades irregulares por parte da ação antrópica, fica comprovado que o homem atua sim como agente intensificador de processos erosivos na área de estudo.

4.3 Análise de Risco Morfológico à Erosão

É crucial perceber na realidade da área de pesquisa que há uma necessidade de produtos que visem mitigar os possíveis danos gerados pela ação antrópica, além de auxiliar na tomada de decisões por parte do poder público, para que esse possa vir a buscar remediar a situação atual.

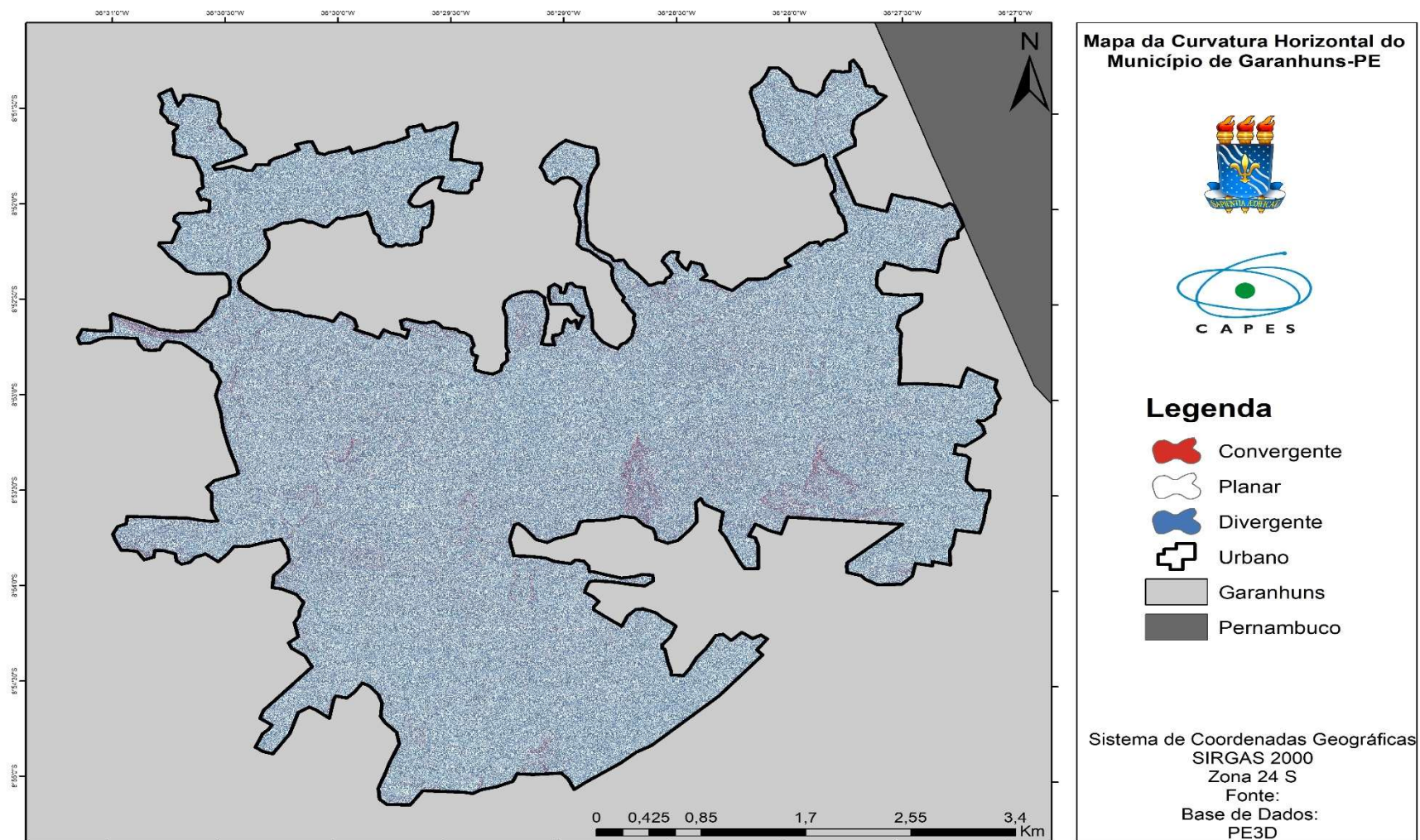
Dessa forma, a utilização do geoprocessamento como ferramenta provedora de novos produtos que possam auxiliar diretamente nessa problemática é algo essencial, uma vez que a integração dos dados de diversas fontes em ambiente computacional, possibilitada pelo geoprocessamento, proporciona um campo fértil de criações a nível cartográfico, que atuam diretamente no campo assistencial das situações encontradas.

Visando oferecer um produto que possa servir de subsídio para a gestão municipal, e utilizando os dados levantados na pesquisa, foi possível obter uma Carta de Avaliação do Risco Morfológico à Erosão – CARMOE.

Todos os valores utilizados como referencial para confecção da CARMOE, que permeou o fomento do produto final, foram adotados de acordo com a metodologia e informações providas por Rodrigues e Silva (2018), que analisaram o risco potencial à erosão de um aterro de resíduos sólidos em Jangurussu, Fortaleza – CE.

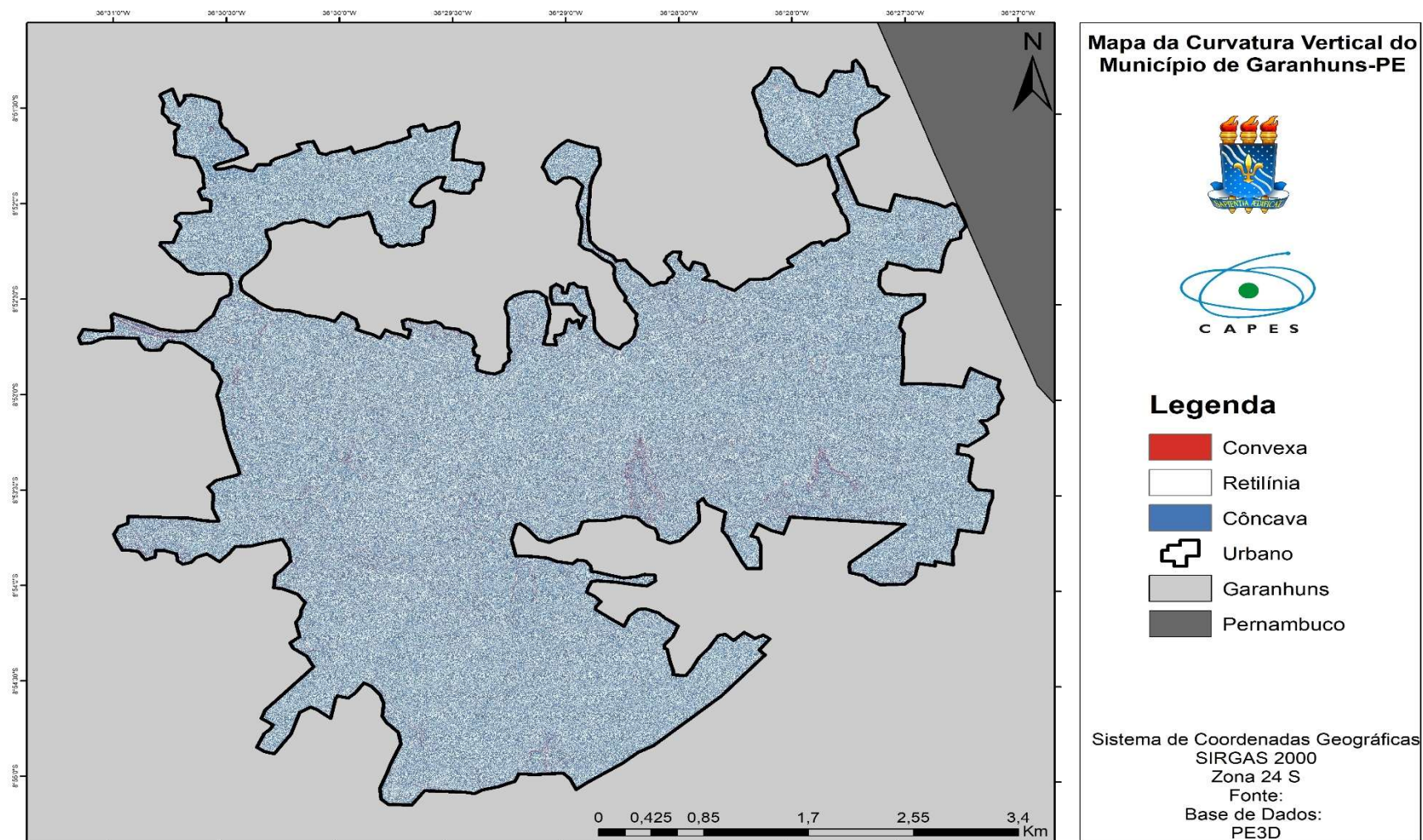
Dessa forma, através do estabelecimento da curvatura horizontal (Figura 37), da curvatura vertical (Figura 38) e da orientação de vertentes (Figura 39), unidas à declividade da área em questão, foi possível melhor interpretar a realidade existente na localidade, visto que, por meio desses produtos, é estabelecida uma carta final que avalia o risco morfológico à erosão na área de estudo.

Figura 37: Mapa da Curvatura Horizontal da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



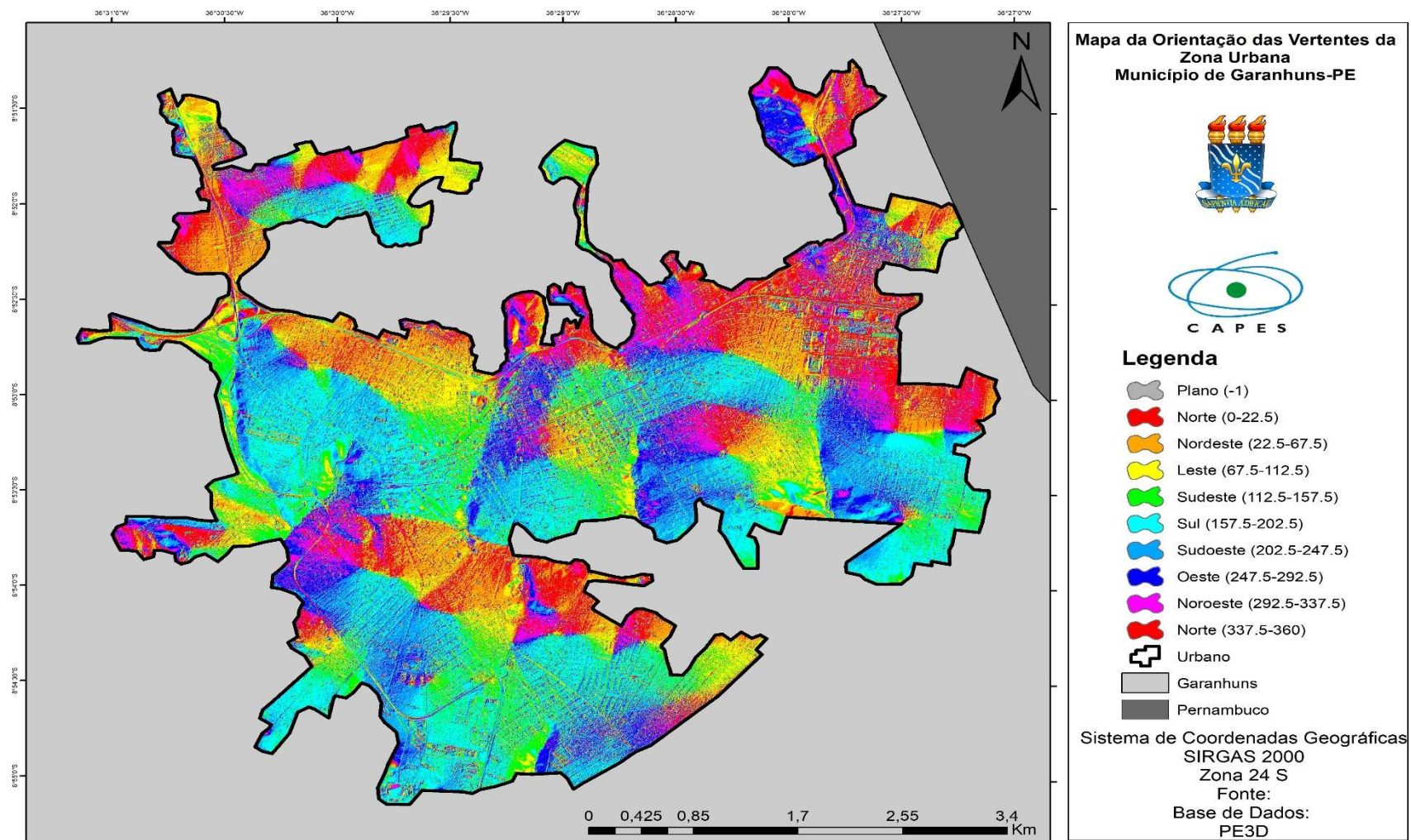
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 38: Mapa da Curvatura Vertical da Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 39: Mapa da Orientação de Vertentes na Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

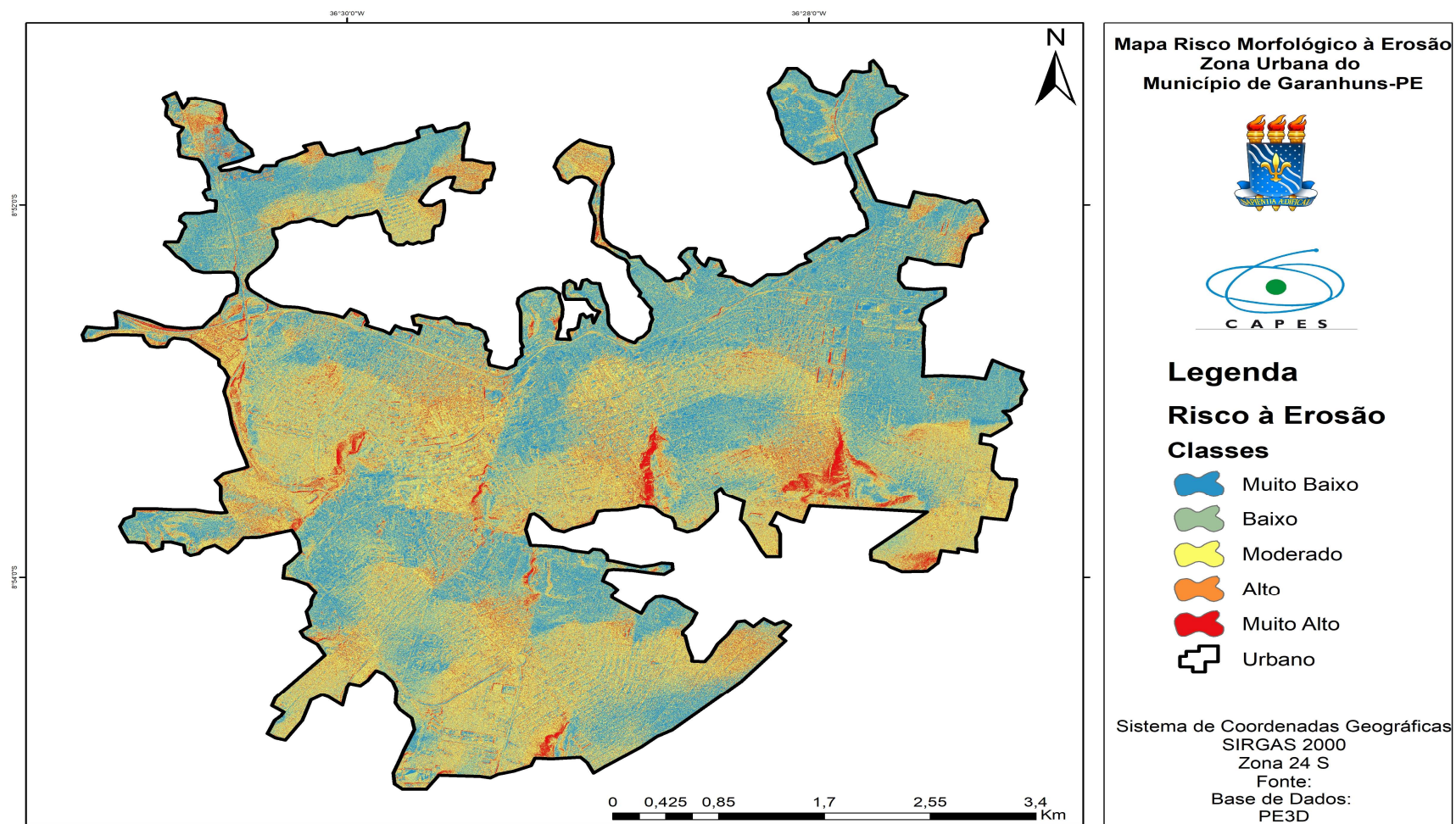
Na figura 40, que mostra a CARMOE, é possível observar os resultados obtidos através da álgebra de mapas. É visível que, apesar de possuir diversas áreas com risco muito baixo à erosão, a zona urbana possui áreas bastante expressivas com riscos que vão de moderado até muito alto.

O destaque maior vai justamente para as áreas das voçorocas encontradas na zona urbana, que possuem maior visibilidade no mapa como zonas de risco muito alto à erosão, bem como o seu entorno, que apresenta as mesmas características.

As áreas com maior declividade coincidiram justamente com as áreas com risco muito alto. É possível supor que a presença de vegetação nessas áreas acabe por mitigar a ocorrência de movimentos de massa de grande expressão, visto que a vegetação, por sua vez, diminui o impacto da precipitação no solo, uma vez que atua como agente interceptador, além de gerar um maior nível de fixação do solo. Ainda assim é possível notar, por meio da análise fisiográfica, que a ocorrência de atividades consideradas inadequadas como descarte de resíduos sólidos, lavouras e casas nas áreas da voçoroca, atuam como agentes que desencadeiam riscos para toda a população local.

Dessa forma, como mostrado pela Figura 40, é possível confirmar o que foi previsto por Lima et al. (2012): as áreas destacadas pelos autores em 2012 como zonas de expansão urbana foram ocupadas e realmente se direcionaram para zonas de risco geomorfológico.

Figura 40: Carta de Avaliação do Risco Morfológico à Erosão – CARMOE, na Zona Urbana do Município de Garanhuns – PE.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa acabou por confirmar sua hipótese inicial de que a ação antrópica estaria atuando como agente intensificador dos processos erosivos existentes na zona urbana do município de Garanhuns – PE.

Partindo desse princípio foi possível compreender que a dinâmica das relações existentes entre os processos e a ação antrópica, segue uma lógica de produção, na qual a própria ocupação se engendra em caráter desordenado, ficando em maior evidência as necessidades de sobrevivência das classes baixas, que passam a ocupar áreas que deveriam ser preservadas para conter o avanço dos processos erosivos.

A definição de amostras de processos erosivos para a análise foi fator deveras importante para melhor observar como ocorre a dinâmica local. Somente por meio desse passo foi possível correlacionar e observar os fluxos existentes, permeando assim a criação de produtos cartográficos que apresentaram de forma bastante clara qual a realidade da situação.

A aerofotogrametria foi uma ferramenta essencial que possibilitou não só a criação dos mapas aqui expostos como também a obtenção dos mais diversos subsídios trabalhados ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Por meio dela, foram gerados dados para posterior manipulação por parte do geoprocessamento, com tamanha qualidade que permitiu a possibilidade de delimitar áreas muitíssimo pequenas, como as de descarte de resíduos encontrados nas voçorocas analisadas.

Dessa forma, a utilização de imagens de altíssima qualidade, atrelado ao uso da aerofotogrametria como fonte de obtenção dessas imagens se consagrou como metodologia excepcionalmente adequada, visto que todos os resultados apresentados na pesquisa só foram possíveis graças a essa escolha metodológica.

O trabalho de campo, por sua vez, foi altamente necessário para fornecer veracidade aos dados fomentados em laboratório, contribuindo, ainda, para a geração de fotografias que melhor apresentaram a realidade das áreas em análise, uma vez que somente por meio do trabalho de campo é possível observar o quadro real da área em estudo e melhor compreender qual a problemática existente.

No tangente aos resultados, a metodologia analítica adotada foi extremamente importante para melhor compreender a problemática existente, desde sua gênese até os dias atuais. Fica, portanto, como contribuição para trabalhos posteriores no campo científico, visto que a mesma visa compreender no que se refere aos processos erosivos em zonas urbanas, qual a realidade histórica do local, quais suas características naturais e como as mesmas se comportam para com a ação antrópica através de uma análise de risco da área.

A análise histórica, por si só, serviu como base para fundamentar as observações primárias da área de estudo, onde por meio das fotografias obtidas tornou-se possível observar como se deu a ocupação urbana no município escolhido. Isso serviu em primeira instância para observar e confirmar que desde antes do advento da expansão urbana o uso do solo em algumas partes já era considerado inadequado, bem como que o processo de ocupação não obedeceu uma ordem lógica de gestão que visasse mitigar os danos ao meio ambiente.

A análise fisiográfica demonstrou qual a realidade natural da área trabalhada, possibilitando observar que essa é naturalmente propensa ao surgimento de processos erosivos, em virtude da união de diversos fatores naturais que trabalham juntos para a fragmentação do solo e o surgimento de processos erosivos variados. Foi importante perceber, por meio dessa análise, que o tipo de solo da área de estudo possui uma fragilidade natural à erosão, ao mesmo tempo que a declividade local acentua essa situação, unida ao regime pluviométrico e à sua própria geomorfologia, comprovando que espontaneamente a zona urbana do município de Garanhuns – PE já se configura como uma área suscetível a erosão por elementos naturais.

Salienta-se nesse quesito que a inexistência de fonte de dados mais detalhados acaba por não permitir uma análise fisiográfica mais minuciosa, a incompatibilidade de escalas acentua ainda mais essa defasagem. Desse modo, fica a ressalva da necessidade de dados mais detalhados de solo, geologia, vegetação etc. em trabalhos futuros, que possam contribuir de forma direta, e diminuir os danos gerados por essa falta.

A análise de risco por sua vez possibilitou entender de forma clara e simples qual a realidade do risco morfológico à erosão existente na zona urbana do município de Garanhuns. A utilização da CARMOE como produto para análise de risco é bastante recomendada pela pesquisa, pois se mostrou não só

satisfatória como também muito eficaz na visualização dos objetivos a que se destinava.

Reitera-se, ainda, que pelo tamanho dos alvos estudados a CARMOE se comportou como um resultado sublime, levando-se em consideração o nível de qualidade das imagens utilizadas como base para sua confecção. Mais uma vez a utilização da aerofotogrametria e a geração de dados de alta qualidade é apontada pela pesquisa como alternativa viável e recomendada para esse tipo de estudo.

A CARMOE integrou diversas variáveis geomorfométricas e findou por apresentar as áreas com diferentes riscos à erosão de forma eficaz e com bastante clareza para os leitores. Por meio de seu resultado foi possível notar o quanto a declividade influencia na realidade erosiva, ao mesmo tempo que também se observou como as orientações das vertentes e as curvaturas horizontais e verticais contribuem para a criação de um produto mais qualificado no entendimento da dinâmica que a pesquisa se propôs a analisar.

Assim sendo, a pesquisa se caracteriza enquanto contribuição de cunho científico para o arcabouço já existente de dados e levantamentos sobre a área de estudo, a mesma objetiva atuar como base científica para futuras tomadas de decisão por parte do poder público, além de se configurar como fonte de conhecimento da realidade erosiva local para a população, e como alicerce para futuros trabalhos que possam ser fomentados dentro da mesma temática ou da mesma área de estudo.

Recomenda-se em estudos futuros um nível maior de detalhamento nas características naturais da zona urbana, em adição à criação de uma base de dados que possa congrega todos esses fatores para melhor manipulação das informações, não só as aqui geradas, como também aquelas apresentadas e citadas, visto que a ciência não é algo que se faz de forma solitária, mas sim em conjunto.

A pesquisa registra ainda a necessidade de ampliação de áreas verdes como medida de contenção dos processos erosivos localizados na área de análise, uma vez que a presença da vegetação pode mitigar os danos causados ao solo pela pluviosidade, e também diminuir o processo de escoamento superficial que afeta diretamente o aumento do fluxo de sedimentos que são desagregados e lixiviados.

Por fim, a pesquisa ressalta que cabe ao poder público local procurar melhor conscientizar a população e buscar, na união com a academia por meio do conhecimento científico produzido, encontrar formas de melhor agir para com a realidade preocupante aqui analisada. Destarte, visar mitigar os danos o quanto antes e tomar novos posicionamentos para com a dinâmica aqui abordada é o mais recomendado como próximos passos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADOR, Maria Betânia Moreira. PERCEPÇÃO DA PAISAGEM DO PARQUE EUCLIDES DOURADO NO MUNICÍPIO DE GARANHUNS-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 4, 2012.

ANDRADE, A. G. D.; CAPECHE, C. L.; PORTOCARRERO, H. **Processos de formação e práticas de controle de voçorocas**. Comunicado Técnico. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2006.

ANDRADE, M.C., 2009. Geografia de Pernambuco: ambiente e sociedade. Grafset, João Pessoa

ANDRADE, M.C., 2003. Atlas escolar de Pernambuco. Grafset, João Pessoa.

ARAKI, H. Fusão de informações espectrais, altimétrica e de dados auxiliares na classificação de imagens de alta resolução espacial. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, 2006. 167 - 168.

AZAMBUJA, R. N.; CORRÊA, A. C. D. B. Contribuição para a interpretação da evolução morfodinâmica em áreas de expansão urbana no município de Garanhuns - PE. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Goiânia, 2006.

AZAMBUJA, Renata Nunes. **Análise geomorfológica em áreas de expansão urbana no Município de Garanhuns PE**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

AZAMBUJA, R. N.; CORRÊA, A. C. D. B. Geomorfologia e áreas de expansão urbana do município de Garanhuns-PE: Uma abordagem espaço-temporal dos eventos morfodinâmicos para o planejamento territorial. **Revista Geo UERJ**, Rio de Janeiro, 2015. 202 - 233.

BACCARO, C.A.D. - As unidades geomorfológicas e a erosão nos chapadões do município de Uberlândia. Rev.Sociedade e Natureza, Uberlândia, EDUFU, Ano 6, nº 11 e 12, 1994.

BARBOSA, Vanessa Vasconcelos et al. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, p. 353-367, 2016.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

CAMPOS, S. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu - SP. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2004. 431 - 435.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M. D.; FILHO, A. C. P. Imagens de alta resolução espacial de veículos aéreos não tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, 2015. 147 - 156.

CARMONA, Luis Christian de Montreuil. Geologia, geoquímica e avaliação econômica do migmatito "Rosa Imperial", domínio meridional da Província Borborema, nordeste brasileiro. 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

CARRIJO, B. R.; BACCARO, C. A. D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Revista Online Caminhos de Geografia**, Uberlândia, 2000. 70 - 83.

CAVALCANTI, Helene Ferreira et al. Avaliação ambiental de nascentes do Rio Mundaú, Garanhuns-PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe. Sergipe. 2013.

CHAUI, M. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 2000.

CHAVES, T. D. A. et al. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. **Manual Técnico**, Niterói, 2012. 19p.

COMINO, J. Rodrigo; SINOCA, J. D. Ruiz; GONZÁLEZ, J. M. Senciales; GUERRA-MÉRCHÁN, A.; SEEGER, M.; RIES, J.B. High variability of soil erosion and hydrological processes in Mediterranean hillslope vineyards (Montes de Málaga, Spain). **CATENA**. Volume 145, October 2016, Pages 274-284.

CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco, 2011. Pernambuco em mapas. Recife.

COSTA, A. N.; ALVES, M. D. G. **Monitoramento da expansão urbana no município de Campos dos Goytacazes - RJ, utilizando geoprocessamento**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia: [s.n.]. 2005. p. 3731 - 3738.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Garanhuns, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Geobank. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2020.

CORREA, A.C.B. Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil. Rio Claro, 2001. 386p. Tese (Doutorado em Geografia), UNESP - Rio Claro, Rio Claro.

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1995.

DENG, Longzhou; SUN, Tianyu; FEI, Kai; ZHANG, Liping; FAN, Xiaojuan; WU, Yanhong; NI, Liang. Effects of erosion degree, rainfall intensity and slope gradient on runoff and sediment yield for the bare soils from the weathered granite slopes of SE China. *Geomorphology*. Volume 352, 1 March 2020.

DISPERATI, A. A.; FILHO, P. C. D. O. Delineamento de copas de árvores em fotografias aéreas de alta resolução, através de suas sombras periféricas: Estudo de caso na floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, Viçosa, 2005. 195 - 202.

FERREIRA, Genovan Pessoa de Moraes. **Da cidade das flores à cidade do evento: a produção do espaço urbano em Garanhuns-PE**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/T.8.2019.tde-13092019-162329. Acesso em: 2021-03-09.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, 2005. 24 - 29.

FORSTER, B. C. **An examination of some problems and solutions in urban minotring from satellite platforms**. *International Journal of Remote Sensing*. [S.l.]: [s.n.]. 1985. p. 139 - 151.

FRANÇA, Elaynne Mirele Sabino De; PINTO, Josefa Eliane Santana de Siqueira. Índice de cobertura vegetal através do NDVI na microbacia Do Riacho Flamengo, Garanhuns-PE. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 7041-7051, 2017.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão., 2007.

JACINTHO, Luiz Roberto de Campos. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de Unidades de Conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LAMEGO, M. O IBGE e a geografia quantitativa brasileira: Construindo um objeto imaginário. **Terra Brasilis**, p. n. 3, 2014.

LIMA, Évio Marcos; DE BARROS CORRÊA, Antonio Carlos. Mapeamento geomorfológico como ferramenta de caracterização ambiental do município de Garanhuns-PE. *Geosul*, v. 31, n. 62, p. 317-336, 2016.

LIMA, M. SOUZA, J. O. P. SILVA, D. G. CORRÊA, A. C. B. Análise de risco geomorfológico em área de expansão urbana de Garanhuns - PE: Avaliação expedita. **9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, 2012.

MAGALHÃES, R. A. **Processos erosivos e métodos de contenção CEEB**. CEEB. Ouro Preto: [s.n.]. 1995.

MAGALHÃES, R. A. **Erosão**: definições, tipos e formas de controle. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens. Fortaleza: [s.n.]. 2001. p. 155 - 169.

MARTINI, Luiz Carlos Pittol et al. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas. *Geologia USP. Série Científica*, v. 6, n. 1, p. 41-52, 2006.

MELO, F. P. D.; ALMEIDA, J. A. P. D. Análise temporal do crescimento do sítio urbano de Garanhuns-PE e suas consequências ambientais. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, Tupã, 2013. 67 - 93.

MELO, Felipe Pessoa de. Modelo de uso e ocupação da paisagem no município de Garanhuns-PE. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2198-2207, 2013.

MONTEIRO, Geovana de Oliveira; COSTA, Bruna Gonçalves da; FILHO, Jeovanes Lisboa da Silva. Impactos Da Chuva E Suas Implicações Na Geomorfologia Do Bairro Da Liberdade Em Garanhuns (PE). IN: XIV FÓRUM AMBIENTAL ALTA PAULISTA, 2018, Tupã, SP.

MORAES, E. C. **Curso de Inteligência Tecnológica - Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE. 2000.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Erosões urbanas em goiânia. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, 1994. 77 - 101.

OLIVEIRA, I. M. D.; COSTA, S. M. F. D. **Monitoramento da expansão urbana, utilizando dados de sensoriamento remoto - estudo de caso**. Anais X SBSR. Foz do Iguaçu: INPE. 2001. p. 1131 - 1138.

OLIVEIRA, M. Z. D. et al. **Delimitação de áreas de preservação permanente**: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG). Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: [s.n.]. 2007. p. 4119 - 4128.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B.-C. N. Geoprocessamento e Urbanismo. In: _____ **Teoria, Técnica, Espaços e Atividades**: Temas de Geografia Contemporânea. Rio Claro: AGETEO, 2001.

PERNAMBUCO. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Mundaú**. Secretaria de Recursos Hídricos. Recife, 1999.

PINHEIRO, E. D. S. Imagens com alta resolução espacial: Novas perspectivas para o sensoriamento remoto. **Revista Espaço & Geografia**, Brasília, 2003. 43 - 64.

RAMOS, R. P. D. S. et al. O sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento, identificação e análise do uso do solo do município de Garanhuns - PE. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, 2015. 559 - 567.

RANHE, F. D. S.; OLIVEIRA, A. L. D.; LEMES, D. P. Os processos erosivos ocorrentes no entorno urbano do município de Juína - MT: Um agente natural ou antrópico? **Revista GEONORTE**, Manaus, 2012. 916 - 928.

RECANATESI, F., RIPA, M. N., LEONE, A., LUIGI, P., LUCA, S., 2013. Land use, climate and transport of nutrients: Evidence emerging from the lake vicocase study. *Environ. Manage.* 52, 503 -513.

RODRIGUES, Avilmar Antonio et al. Uso de veículos aéreos não tripulados para mapeamento e avaliação de erosão urbana. Dissertação de Mestrado. UFG. 2016.

RODRIGUES, Linara Ivina de Castro; SILVA, Rayssa Magdyelli Nogueira. Uso do VANT no aterro de resíduos sólidos do Jangurussu–Fortaleza, CE–para fins de análise de risco potencial à erosão. 2018.

SANTOS, E. C. D. et al. **Mapeamento da cultura do café na microrregião de Afonso Cláudio - Espírito Santo, com imagens de aerofotogrametria**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Curitiba: [s.n.]. 2011. p. 4055 - 4061.

SILVA, G. D. C. Impactos ambientais urbanos: o processo de ocupação da barra da tijuca, no município do Rio de Janeiro. **Oculum Ensaios Revista de Arquitetura e Urbanismo**, Campinas, 2005. 34 - 47.

SILVA, M. G. D. S. E. et al. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, 2015. 38 - 48.

SILVA, M. T.; LEMOS, O. L. **Uso de receptor topográfico na correção do posicionamento de ortomosaico e modelo digital do terreno produzido à partir de aerofotogrametria**. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta. Rio de Janeiro: SBC. 2017. p. 457 - 461.

SOARES, A. B.; TROLEIS, A. L. A expansão urbana de Garanhuns-PE entre 1811 e 2016 e suas implicações socioambientais. **Revista Movimentos Sociais & Dinâmicas Espaciais**, Recife, 2018. 185 - 209.

SOARES, Antonio Benevides. **Análise da problemática socioambiental de nascentes urbanas no município de Garanhuns-PE**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

STIPP, N. A. F.; STIPP, M. E. F. Análise ambiental em cidades de pequeno e médio porte. **Geografia**, Londrina, 2004. 23-36.

UBIRAJARA, C. R. C. Garanhuns -PE: Ações Educativas e Dinâmica Socioespacial: Uma Análise Geo-Histórica das Relações Estabelecidas Entre Religião, Estado e Educação. Fortaleza, 2015. 306p. Tese (Doutorado em Geografia), UECE, Fortaleza.

VAEZA, R. F. et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Revista Floram - Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, 2010. 23 - 29.

VIDAL, Augusto Manuel Fonseca. Extração e avaliação de geo-informação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados. 2013.

XIONG , K ., YIN , C ., JI , H., 2018 . Soil erosion and chemical weathering in a region with typical karst topography. *Environ . Earth Sci .* 77 , 500 .

WEATHER SPARK. Condições meteorológicas médias de Garanhuns. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31268/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Garanhuns-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2020.

ZANATA, J. M.; PERUSI, M. C. Solos urbanos: degradação ambiental na forma de processos erosivos. **Revista Geografia e Pesquisa**, Ourinhos, 2010. 107 - 122.