



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ – REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

BEATRIZ DE SOUZA MEDEIROS

**DIRETRIZES PARA FUNDAMENTAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE
INFRAESTRUTURA URBANA DA ÁREA EM EXPANSÃO NOVA CONQUISTA, EM
OIAPOQUE/AP.**

**MACAPÁ/AP
2026**

BEATRIZ DE SOUZA MEDEIROS

**DIRETRIZES PARA FUNDAMENTAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE
INFRAESTRUTURA URBANA DA ÁREA EM EXPANSÃO NOVA CONQUISTA, EM
OIAPOQUE/AP.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil para obtenção de
grau de bacharela pela Universidade Federal
do Amapá.

Orientador: Me. Adenilson Costa de Oliveira

MACAPÁ/AP
2026

]

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

Medeiros, Beatriz de Souza.
M488d Diretrizes para a fundamentação do planejamento de infraestrutura urbana da área em expansão Nova Conquista, em Oiapoque/AP. / Beatriz de Souza Medeiros. - Macapá, 2026.
1 recurso eletrônico.
140 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amapá - Coordenação Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2026.
Orientador: Professor Mestre Adenilson Costa de Oliveira.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Escoamento urbano. 2. Pavimentação de asfalto. 3. Oiapoque - AP. I. Oliveira, Adenilson Costa de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá - Coordenação Curso de Engenharia Civil. III. Título.

CDD 23. ed. – 625.85

MEDEIROS, Beatriz de Souza. **Diretrizes para a fundamentação do planejamento de infraestrutura urbana da área em expansão Nova Conquista, em Oiapoque/AP.** Orientador: Professor Mestre Adenilson Costa de Oliveira. 2026. 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá - Coordenação Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2026.

BEATRIZ DE SOUZA MEDEIROS

**DIRETRIZES PARA FUNDAMENTAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE
INFRAESTRUTURA URBANA DA ÁREA EM EXPANSÃO NOVA CONQUISTA, EM
OIAPOQUE/AP.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil para obtenção de
grau de bacharela pela Universidade Federal
do Amapá.

Orientador: Me. Adenilson Costa de Oliveira

Data de aprovação: ____ de _____ de 2026.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira
Orientador – UNIFAP

Prof. Me. Hédio José Carneiro de Souza
Examinador Interno – UNIFAP

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto
Examinador Interno – UNIFAP

MACAPÁ/AP
2026

AGRADECIMENTOS

É impossível resumir, em apenas uma página, a gratidão por todas as pessoas e momentos que fizeram parte desta caminhada. Mas primeiramente, a Deus. À minha família, dedico minha eterna gratidão. Aos meus avós, exemplos de amor, acolhimento e generosidade; aos meus irmãos, que ocupam um lugar único em meu coração; à minha tia Paula, pela presença constante em minha vida e pela inesquecível lembrança de ter preparado minha bagagem e a da minha irmã quando partimos para Salvador em busca de novos rumos. Ao meu pai, pelo exemplo de paciência e serenidade; e à minha mãe, meu maior amor e inspiração, por me ensinar, pelo exemplo, a enfrentar as dificuldades com esperança.

Ao meu esposo, Alexandre, por estar ao meu lado em todos os momentos desta luta, oferecendo amor, incentivo, paciência e companheirismo. Seu apoio foi essencial para que esta conquista se tornasse possível.

Agradeço especialmente ao meu orientador, professor Adenilson, uma das primeiras pessoas a me acolher na Unifap, pela confiança, orientação, dedicação e pelos conhecimentos compartilhados durante o desenvolvimento deste trabalho. Estendo meus agradecimentos aos professores Jamil e Hédio, pela disponibilidade e pela competência, bem como a todos os docentes do curso de Engenharia Civil da UNIFAP, pelos ensinamentos, conselhos e contribuições fundamentais para minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço também às instituições que fizeram parte da minha trajetória acadêmica: à Universidade Federal da Bahia (UFBA), onde iniciei minha formação; à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), pela oportunidade de aprendizado; e, por fim, à Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), onde concluo mais este importante ciclo.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada. Cada gesto de apoio e incentivo contribuiu para que este objetivo se tornasse realidade.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor diretrizes para ocupação urbana de uma área em expansão localizada no bairro Nova Conquista, no município de Oiapoque/AP, utilizando geotecnologias como ferramenta de apoio ao planejamento territorial. A pesquisa foi desenvolvida por meio da integração de levantamento aerofotogramétrico com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), processamento digital de imagens, Modelos Digitais do Terreno, imagens SRTM, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e análises espaciais, possibilitando a caracterização do relevo, da drenagem natural, do uso e ocupação do solo, das Áreas de Preservação Permanente e dos condicionantes físicos da área de estudo. Com base nos resultados obtidos, foi elaborado um diagnóstico territorial que subsidiou a proposição de diretrizes para ocupação urbana, contemplando a organização funcional do uso do solo, a hierarquização do sistema viário, a adoção de pavimento intertravado drenante, soluções de microdrenagem sustentável e a aplicação dos princípios da infraestrutura verde, azul e cinza. Os resultados demonstraram que a utilização integrada das geotecnologias permitiu identificar áreas aptas à expansão urbana e fornecer informações técnicas para apoiar o planejamento da infraestrutura, reduzindo incertezas relacionadas à ocupação do território. Conclui-se que a metodologia adotada constitui uma ferramenta eficiente para subsidiar o planejamento urbano de áreas em expansão, podendo servir como referência para futuras intervenções e estudos voltados ao desenvolvimento urbano sustentável em municípios amazônicos.

Palavras-Chave: Planejamento urbano; geotecnologias; expansão urbana; drenagem urbana; pavimentação; Oiapoque.

ABSTRACT

This study aimed to propose urban occupation guidelines for an expansion area located in the Nova Conquista neighborhood, in the municipality of Oiapoque, Amapá State, Brazil, using geotechnologies as a tool to support territorial planning. The research was developed through the integration of aerial photogrammetric surveying using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), digital image processing, Digital Terrain Models, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data, Geographic Information Systems (GIS), and spatial analysis techniques, enabling the characterization of terrain, natural drainage, land use and land cover, Permanent Preservation Areas, and the physical constraints of the study area. Based on the obtained results, a territorial diagnosis was carried out to support the development of urban occupation guidelines, including functional land-use organization, road hierarchy, permeable interlocking concrete pavement, sustainable urban microdrainage solutions, and the application of green, blue, and gray infrastructure principles. The results demonstrated that the integrated use of geotechnologies made it possible to identify physical constraints relevant to urban infrastructure planning and to provide technical information to support decision-making during the initial stages of urban development. It is concluded that the adopted methodology represents an effective tool for supporting urban planning in expansion areas and may serve as a reference for future studies and interventions aimed at sustainable urban development in municipalities within the Brazilian Amazon.

Keywords: Urban planning; geotechnologies; urban expansion; urban drainage; pavement; Oiapoque.

Lista de Figuras

Figura 1- Chamada reportagem Folha de São Paulo sobre as ocupações irregulares em Oiapoque.....	15
Figura 2- Plano de Trabalho da Prefeitura de Oiapoque publicado em 2024 ações que serão adotadas para regularização de imóveis urbanos.....	15
Figura 3- Modelo de um espaço físico urbanizado	17
Figura 4- Exemplo de ocupação e uso do solo a partir do zoneamento da área	20
Figura 5- Equipamentos para obtenção de dados espaciais.....	21
Figura 6- Modelo de SIG.....	23
Figura 7- Interface do Qgis e classificações das áreas	25
Figura 8- Infraestrutura integrada.....	27
Figura 9- Principais componentes do Novo Marco Legal.....	29
Figura 10- Sistema de água potável e esgotamento sanitário.....	30
Figura 11- Fluxograma dos serviços de saneamento e os impactos sobre o sistema de drenagem	32
Figura 12- Síntese dos sistemas.....	35
Figura 13- Exemplo de integração do sistema de microdrenagem com as redes de infraestrutura urbana.....	36
Figura 14- Exemplo de integração do sistema de macrodrenagem infraestrutura urbana.....	36
Figura 15- Hidrograma comparando a condição de urbanização com a de pré desenvolvimento	37
Figura 16- Exemplo de infraestruturas que influenciam no escoamento superficial	39
Figura 17- Princípio funcional de uma via	43
Figura 18- Exemplo de composição de uma via.....	44
Figura 19- Estrutura do pavimento permeável	47
Figura 20- Dispositivos pavimento permeável.....	47
Figura 21- Fluxo metodológico adotado	56
Figura 22- Gráfico de crescimento da população do Oiapoque	83
Figura 23- Mapa da expansão urbana.....	84
Figura 24- Mapa macrozoneamento urbano e rural.....	86
Figura 25- Mapa da macrozona urbana	88
Figura 26- Exemplo sistema de microdrenagem em uma via coletora.....	113
Figura 27- Exemplo de seção viária proposto	115
Figura 28- Exemplo de estrutura de pavimentos permeáveis.....	116

Lista de Quadros

Quadro 1-Fluxo de processamento no Agisoft Metashape	60
Quadro 2-Fluxo de obtenção da imagem SRTM	61
Quadro 3-Tratamento inicial do SRTM no QGIS.....	62
Quadro 4-Procedimento para geração do mapa de declividade	65
Quadro 5-Correção hidrológica do MDT	66
Quadro 6-Geração da direção de fluxo.....	67
Quadro 7-Procedimento para geração da acumulação de fluxo	68
Quadro 8-Procedimento para extração da drenagem.....	70
Quadro 9-Quadro de Critério de exclusão	76
Quadro 10-Principais limitações metodológicas da pesquisa e respectivas implicações técnicas	80
Quadro 11-Síntese do diagnóstico da área.....	105

Lista de Mapas

Mapa 1-Área de ocupação irregular nomeada de Nova Conquista no Município de Oiapoque	14
Mapa 2-Localização do município do Oiapoque.....	82
Mapa 3-Zona de Expansão Urbana – Nova Conquista.....	91
Mapa 4-Localização da área Nova Conquista	93
Mapa 5-Modelo Digital do Terreno	95
Mapa 6-Hipsométrico	97
Mapa 7-Uso e ocupação do solo da área de estudo	100
Mapa 8- Hidrografia	103
Mapa 9-Modelo funcional da área de estudo baseada nos princípios da infraestrutura verde, azul e cinza da Norma de Referência e Saneamento Básico (ANA), adaptada à proposta de ocupação urbana da área de expansão Nova Conquista.	107
Mapa 10- Proposta de ocupação regular da área de estudo	109

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADASA	Agência Reguladora De Águas, Energia E Saneamento Básico Do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CBR	Índice de Suporte Califórnia
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DMAPU	Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GIAU	Gestão Integrada das Águas Urbanas
GNSS	Sistemas Globais de Navegação por Satélite
NBR	Norma Brasileira
MDT	Modelo Digital de Terreno
MDS	Modelo Digital de Superfície
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
QGIS	Quantum GIS Sistema de Informação Geográfica
RPA	Veículo Aéreo Não Tripulado
SbN	Soluções Baseadas na Natureza
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
SUDS	Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TEDPLAN	Termo de Execução Descentralizada para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico
UTM	<i>Universal Transverse of Mercator</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos.....	12
1.1.1. Objetivos Geral.....	12
1.1.2. Objetivos Específicos	12
1.2. Problema de pesquisa	13
1.3. Justificativa.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Expansão urbana e ocupação do solo	17
2.2. Geotecnologias aplicadas ao planejamento urbano	20
2.2.1. Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	23
2.2.2. Aplicação do QGIS na análise espacial urbana	24
2.3. Infraestrutura urbana.....	26
2.3.1. Sistema de saneamento básico: água e esgoto	29
2.3.2. Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas	32
2.3.2.1. Método Racional	37
2.3.3. Medidas mitigadoras para controle de escoamento superficial	38
2.3.4. Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	40
2.3.5. Planos Municipais de Saneamento Básico como instrumento de planejamento urbano no estado do Amapá	41
2.3.6. Sistema viário	43
2.3.6.1. Pavimentação urbana	45
2.4. Uso e ocupação do solo em áreas de expansão urbana.....	48
3. METODOLOGIA.....	50
3.1. Caracterização da pesquisa.....	50
3.2. Área de estudo	52
3.2.1. Área em expansão - Nova Conquista	53
3.3. Procedimentos metodológicos.....	55
3.3.1. Processamento aerofotogramétrico no <i>Agisoft Metashape</i>	57
3.3.2. Aquisição da imagem SRTM 30 m.....	60
3.3.3. Tratamento inicial da imagem SRTM no QGIS	61
3.3.4. Geração do mapa de declividade a partir do Modelo Digital de Elevação (SRTM)	63
3.3.5. Correção hidrológica do Modelo Digital de Elevação (<i>Fill Sinks</i>)	65
3.3.6. Geração da direção de fluxo	67

3.3.7. Geração da acumulação de fluxo.....	68
3.3.8. Extração dos segmentos naturais de drenagem	69
3.3.9. Comparação entre os segmentos de drenagem modelados e os cursos d'água vetorizados na ortofoto	71
3.3.10. Análise multicritério para delimitação das áreas aptas à implantação do loteame..	72
3.4. Nível de abrangência da pesquisa.....	76
4. CARACTERÍSTICAS TERRITORIAL DO MUNICÍPIO.....	81
4.1. Caracterização territorial e evolução da ocupação urbana de Oiapoque	81
4.1.1. Zoneamento urbano e organização territorial do município.....	85
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	90
5.1. Diagnóstico Territorial Da Área De Estudo - Nova Conquista	92
5.1.1. Localização e delimitação da área	92
5.1.2. Características topográficas	94
5.1.3. Análise espacial do uso e ocupação do solo	99
5.1.4. Áreas ambientalmente restritas.....	102
5.1.5. Potencialidades e limitações de área para expansão urbana.....	104
5.2. Diretrizes Para Ocupação Da Área De Estudo – Nova Conquista	105
5.2.1. Diretrizes para o sistema de microdrenagem urbana.....	111
5.2.2. Infraestrutura viária e pavimentação urbana	114
6. CONCLUSÃO.....	118
REFERÊNCIAS	120
APÊNDICES	129

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização constitui um dos principais agentes de transformação do espaço geográfico contemporâneo. Sob a perspectiva da engenharia e do planejamento territorial, corresponde ao conjunto de técnicas, obras e infraestruturas responsáveis pela conversão de áreas rurais em espaços urbanos, possibilitando o desenvolvimento das atividades humanas (ABNT, 2020). Esse processo demanda a implantação de sistemas viários, drenagem urbana, abastecimento de água, saneamento básico e demais equipamentos públicos essenciais ao funcionamento das cidades.

No Brasil, a urbanização intensificou-se ao longo do século XX, promovendo significativa redistribuição populacional e concentração das atividades econômicas nos centros urbanos. Segundo Matos e Baeninger (2008), os resultados do Censo Demográfico de 2000 indicavam que 81,2% da população brasileira já residia em áreas urbanas, evidenciando a consolidação de um modelo de desenvolvimento fortemente dependente das cidades. Entretanto, em diversos municípios brasileiros, esse crescimento ocorreu de forma mais acelerada que a capacidade de planejamento e implantação da infraestrutura necessária para atender às demandas urbanas.

Na Amazônia, a urbanização apresenta características particulares decorrentes de fatores históricos, econômicos e territoriais. A expansão das rodovias modificou o padrão tradicional de ocupação regional, anteriormente concentrado nas áreas ribeirinhas, favorecendo o crescimento das áreas urbanizadas sobre ambientes naturais (VASCONCELOS et al., 2024). Como consequência, ocorre a substituição progressiva da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis, alterando o comportamento hidrológico das bacias urbanas, reduzindo a infiltração das águas pluviais e aumentando a suscetibilidade a alagamentos (MEDEIROS et al., 2023).

Nesse cenário, a drenagem urbana assume papel fundamental no planejamento e na gestão das cidades. De acordo com Tucci (2012), a drenagem urbana deve ser entendida como o manejo do escoamento superficial, buscando minimizar impactos tanto na área urbanizada quanto no restante da bacia hidrográfica. A crescente impermeabilização do solo aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial, elevando os riscos de alagamentos, erosões e demais problemas associados ao manejo inadequado das águas pluviais.

Paralelamente, a infraestrutura viária desempenha função estratégica na organização do espaço urbano. Conforme Bernucci et al. (2008), os pavimentos constituem estruturas projetadas para suportar as solicitações do tráfego e das condições climáticas, proporcionando conforto, segurança e mobilidade aos usuários. Além de sua função estrutural, os sistemas viários influenciam diretamente os padrões de ocupação urbana e devem ser concebidos de forma integrada aos sistemas de drenagem, especialmente em áreas sujeitas a processos de expansão urbana acelerada.

Diante da crescente complexidade dos ambientes urbanos, as geotecnologias têm se consolidado como importantes ferramentas de apoio ao planejamento territorial e à gestão da infraestrutura. O emprego de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), técnicas de sensoriamento remoto, modelos digitais de terreno e levantamentos aerofotogramétricos permite a obtenção, processamento e análise de dados.

Segundo Mello (2020), o sensoriamento remoto possibilita a obtenção de informações sobre objetos, áreas ou fenômenos sem contato físico direto com o alvo, tornando-se ferramenta essencial para estudos ambientais e urbanos. De forma complementar, os ambientes SIG permitem integrar diferentes bases cartográficas e gerar análises espaciais voltadas ao planejamento e à tomada de decisão (OLIVEIRA, 2017).

Inserido nesse contexto, o município de Oiapoque, localizado no extremo norte do estado do Amapá, apresenta características que evidenciam os desafios decorrentes da expansão urbana em cidades amazônicas. Além de sua posição estratégica na fronteira entre Brasil e Guiana Francesa, o município experimentou expressivo crescimento populacional nas últimas décadas. Conforme Martins, Palhares e Raubar (2023), a população local passou de 7.555 habitantes em 1991 para 27.482 habitantes em 2022, crescimento que contribuiu para a expansão da malha urbana e para o surgimento de novos bairros.

Esse processo de crescimento ocorreu, em diversos momentos, de forma associada à ocupação irregular do solo urbano. Segundo os autores, a expansão da cidade foi acompanhada pelo surgimento de ocupações sem adequado planejamento territorial, ampliando os desafios relacionados à implantação de infraestrutura urbana. Entre as áreas de expansão mais recentes destaca-se o bairro Nova Conquista, integrante de uma região cuja ocupação se intensificou a partir de 2018 e que atualmente representa uma das principais frentes de crescimento urbano do município (CHAGAS, 2026).

Por isso, torna-se fundamental compreender como o processo de expansão urbana influencia a organização do espaço e a implantação da infraestrutura. O emprego de geotecnologias constitui importante instrumento para subsidiar esse processo, permitindo identificar condicionantes físicos, padrões de ocupação e características do relevo que orientam o planejamento urbano e a tomada de decisão.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, contemplando a contextualização do tema, o problema de pesquisa, a justificativa e a organização do trabalho.

O Capítulo 2 corresponde ao referencial teórico, abordando os principais conceitos relacionados ao planejamento urbano, expansão urbana, geotecnologias, saneamento básico, drenagem urbana, manejo de resíduos sólidos e sistema viário. No Capítulo 3 são apresentados os materiais e métodos empregados, incluindo a caracterização da área de estudo, os procedimentos de aquisição e processamento dos dados, os equipamentos utilizados e as técnicas de geoprocessamento aplicadas.

O Capítulo 4, contempla a análise da expansão urbana do município de Oiapoque, e o Capítulo 5 reúne os resultados e as discussões da pesquisa diagnóstico territorial da área de estudo e a proposição de um modelo conceitual de ocupação urbana fundamentado na integração entre planejamento urbano, sistema viário, drenagem urbana sustentável e os princípios da infraestrutura verde, azul e cinza estabelecidos pela Norma de Referência nº 12 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões da pesquisa, destacando as principais contribuições do estudo, suas limitações e recomendações para futuras investigações e aplicações no planejamento urbano de áreas em expansão.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Geral

Analisar a expansão urbana da área Nova Conquista, no município de Oiapoque/AP, por meio da integração de geotecnologias, envolvendo aerofotogrametria com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), sensoramento remoto, Modelos Digitais de Elevação e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), visando realizar o diagnóstico territorial e propor diretrizes para a implantação da infraestrutura urbana.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Levantar e espacializar a expansão urbana a área - Nova Conquista utilizando ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG);
- Identificar e interpretar os padrões de crescimento urbano e ocupação do solo;
- Delimitar e caracterizar a área Nova Conquista quanto à sua localização, configuração territorial e zoneamento;
- Analisar as características topográficas da área de estudo;
- Identificar e analisar as Áreas de Preservação Permanente (APP);
- Verificar a situação fundiária e a existência de áreas privadas, em articulação com o poder público municipal;
- Elaborar diretrizes técnicas para implantação de infraestrutura urbana;
- Desenvolver proposta de infraestrutura urbana para a área em expansão - Nova Conquista.

1.2. Problema de pesquisa

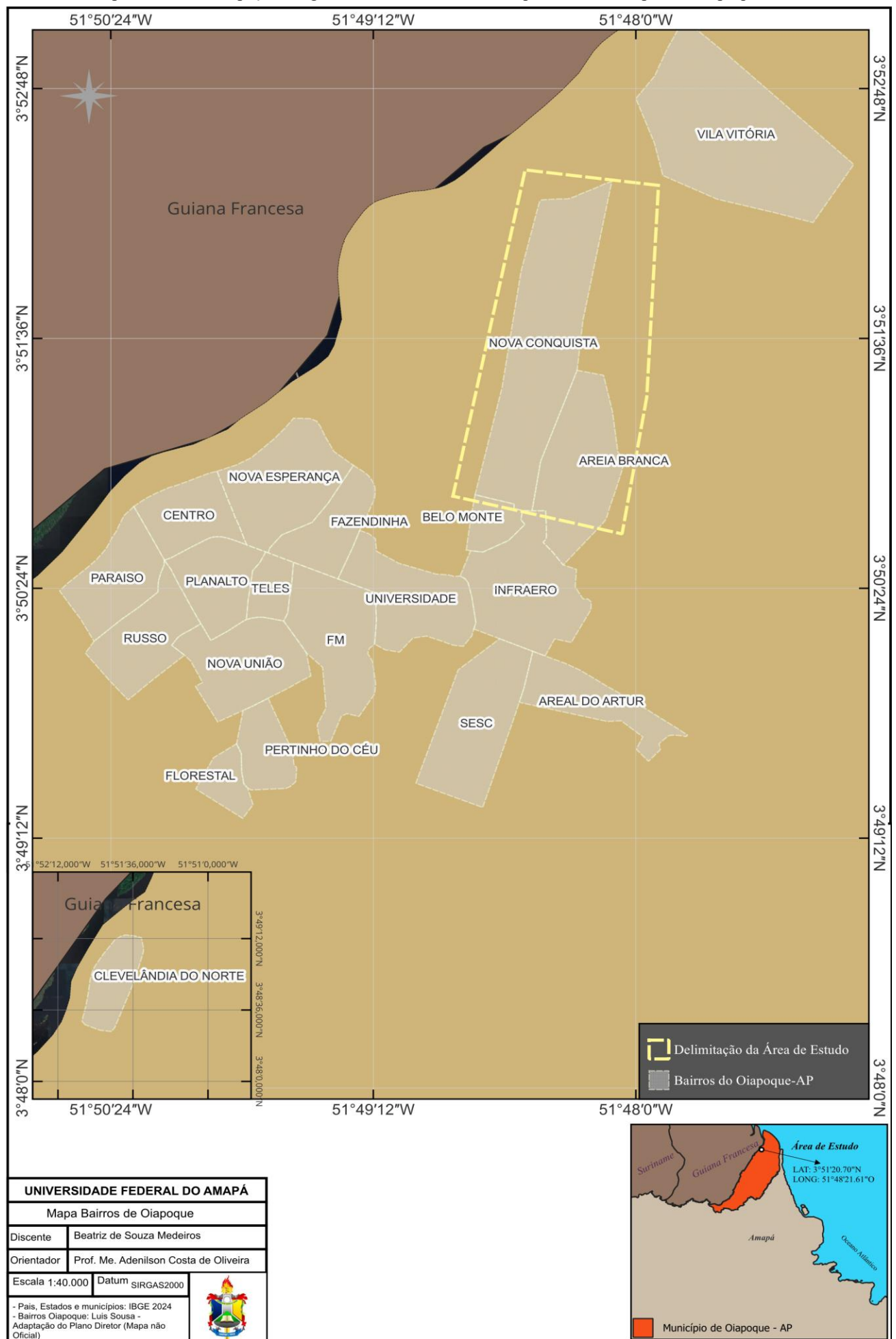
De que forma a utilização de geotecnologias pode contribuir para a análise da expansão urbana e para a identificação de condicionantes físicos relevantes ao planejamento da infraestrutura de drenagem e pavimentação na área de Nova Conquista, no município de Oiapoque/AP?

1.3. Justificativa

A ocupação de novas áreas urbanas demanda informações técnicas que permitam compreender as características físicas do território antes da implantação de infraestrutura. Aspectos como relevo, declividade, drenagem natural e uso do solo exercem influência direta sobre o desempenho de sistemas de drenagem urbana, pavimentação e mobilidade, tornando seu conhecimento fundamental para o planejamento de intervenções de engenharia.

No município de Oiapoque/AP, a área denominada Nova Conquista destaca-se como uma das mais recentes frentes de expansão urbana. Segundo Chagas (2026), a região integra um conjunto de bairros originados a partir de processos de ocupação iniciados após 2018 (Mapa 1), apresentando transformações significativas na paisagem e na dinâmica de uso e ocupação do solo.

Mapa 1-Área de ocupação irregular nomeada de Nova Conquista no Município de Oiapoque



Fonte: Autor (2026)

Esse processo ocorreu em um contexto de crescente expectativa econômica associada aos empreendimentos previstos para a Margem Equatorial, os quais vêm produzindo novas pressões territoriais e imobiliárias no município, conforme apresenta o jornal Folha de São Paulo, vide Figura 1.

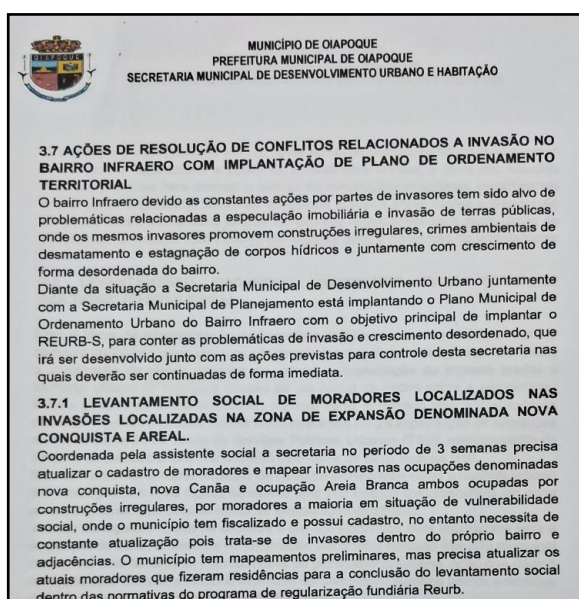
Figura 1 - Chamada reportagem Folha de São Paulo sobre as ocupações irregulares em Oiapoque



Fonte: Folha de São Paulo (2026)

Nesse contexto, a Prefeitura Municipal elaborou, em 2024, um Plano de Trabalho no qual reconhece o crescimento urbano desordenado na área denominada Nova Conquista. Essa área faz divisa com o bairro consolidado Infraero (Mapa 1) e é classificada como Zona de Expansão Urbana. O documento também destaca a necessidade de promover a regularização fundiária dos imóveis existentes na região, em razão do processo de ocupação observado (Figura 2).

Figura 2- Plano de Trabalho da Prefeitura de Oiapoque publicado em 2024 ações que serão adotadas para regularização de imóveis urbanos



Apesar da relevância dessa área para o crescimento urbano local, ainda são limitadas as informações técnicas sistematizadas capazes de subsidiar o planejamento da infraestrutura urbana. A ausência de estudos voltados à caracterização do relevo, à identificação dos padrões de escoamento superficial e à análise da ocupação territorial pode dificultar a definição de soluções adequadas para futuras intervenções de drenagem e pavimentação, aumentando o risco de incompatibilidades entre a infraestrutura implantada e as condições físicas do terreno.

Sendo assim, as geotecnologias constituem importantes ferramentas de apoio à Engenharia Civil, permitindo a obtenção de informações espaciais com elevado nível de detalhamento. O uso de técnicas de aerofotogrametria, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Elevação (MDE) possibilita a análise integrada das características topográficas e da ocupação do solo, fornecendo subsídios para o planejamento urbano e para a tomada de decisões técnicas mais fundamentadas.

Dessa forma, este trabalho justifica-se pela necessidade de produzir informações técnicas sobre a área Nova Conquista, contribuindo para a compreensão de seu processo de expansão urbana e para a identificação de condicionantes físicos relevantes ao planejamento da infraestrutura de drenagem e pavimentação. Além disso, o estudo busca demonstrar o potencial das geotecnologias como ferramentas de apoio ao planejamento urbano em áreas de crescimento recente, fornecendo subsídios que poderão auxiliar futuras ações de ordenamento territorial e desenvolvimento urbano no município de Oiapoque/AP.

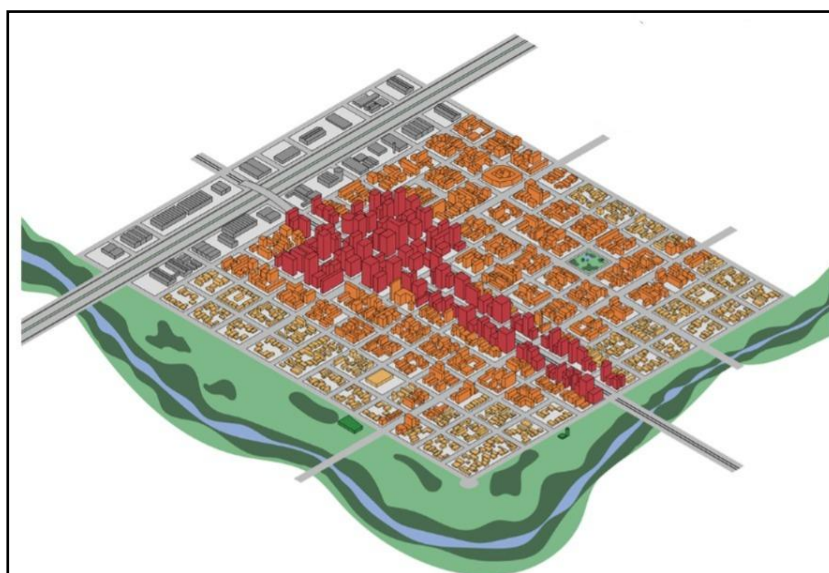
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Expansão urbana e ocupação do solo

A expansão urbana pode ser compreendida como o processo de incorporação de novas áreas ao tecido urbano, seja por meio da ampliação do perímetro urbano, da ocupação de vazios internos ou da consolidação de novas frentes de urbanização. Do ponto de vista jurídico e administrativo, a legislação brasileira considera como áreas de expansão urbana aquelas destinadas pelo Plano Diretor ou por lei municipal ao crescimento ordenado das cidades, vilas e demais núcleos urbanos, bem como aquelas incluídas no perímetro urbano conforme os instrumentos legais vigentes (BRASIL, 2001). Essa definição evidencia que a expansão urbana não deve ser tratada apenas como crescimento físico espontâneo, mas como processo que demanda regulação, planejamento e previsão de infraestrutura.

Sob a perspectiva espacial, Angel et al. (2016) definem a expansão urbana a partir de dois componentes fundamentais: a extensão urbana, correspondente à área construída contígua, e os espaços abertos urbanizados, constituídos pelas áreas não edificadas inseridas ou adjacentes à mancha urbana (Figura 3). Essa abordagem possibilita a quantificação do crescimento físico das cidades por meio de técnicas de sensoriamento remoto e análise espacial, permitindo avaliar a dinâmica temporal da ocupação do território.

Figura 3- Modelo de um espaço físico urbanizado



Fonte: Taniguchi (2023)

A compreensão da expansão urbana exige, entretanto, uma análise que transcenda os aspectos estritamente físicos do território. Para Santos (1993), o espaço urbano representa a materialização das relações econômicas, sociais, políticas e técnicas estabelecidas ao longo do tempo, sendo produzido continuamente pela ação dos diferentes agentes sociais. Dessa forma, a configuração territorial das cidades reflete processos históricos de apropriação do espaço e evidencia desigualdades socioeconômicas presentes na sociedade.

Complementando essa discussão, Villaça (2001) destaca que a localização e a acessibilidade constituem elementos fundamentais na estruturação do espaço intraurbano. Segundo o autor, a acessibilidade exerce influência decisiva sobre a valorização do solo urbano, orientando a localização das atividades econômicas, dos equipamentos públicos e das áreas residenciais. Assim, os sistemas viários e os eixos de transporte tornam-se importantes vetores de expansão urbana, condicionando o direcionamento do crescimento das cidades e a produção de novas centralidades urbanas.

Nesse cenário, a infraestrutura viária desempenha papel estruturante no processo de urbanização. Moraes (2021) afirma que as principais cidades brasileiras apresentam na infraestrutura rodoviária um elemento condicionante para a urbanização, a acumulação de capital e a valorização imobiliária, funcionando como suporte físico para a expansão do tecido urbano. Consequentemente, a implantação de novas vias e a ampliação da acessibilidade tendem a induzir a ocupação de áreas periféricas e a transformação do uso do solo.

Do ponto de vista normativo, o parcelamento do solo urbano constitui um dos principais instrumentos de organização territorial. A Lei Federal nº 6.766/1979 estabelece que o parcelamento do solo urbano pode ocorrer por meio de loteamento ou desmembramento, sendo considerado loteamento a subdivisão de glebas em lotes destinados à edificação com abertura de novas vias de circulação. A legislação também estabelece restrições à ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, tais como terrenos sujeitos a inundações, áreas alagadiças, áreas com declividades excessivas ou locais de preservação ecológica (BRASIL, 1979).

Além da legislação federal, os processos de urbanização devem observar os parâmetros urbanísticos definidos pelos municípios. A ABNT NBR 16636 (ABNT, 2020) define os índices urbanísticos como parâmetros legais destinados à implantação de assentamentos urbanos, incluindo coeficientes de aproveitamento, taxas de ocupação, gabaritos e demais condicionantes que regulam a intensidade da ocupação do solo. Tais parâmetros possuem influência direta sobre a demanda por infraestrutura urbana, uma vez que maiores densidades

populacionais requerem maior capacidade dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, mobilidade e pavimentação.

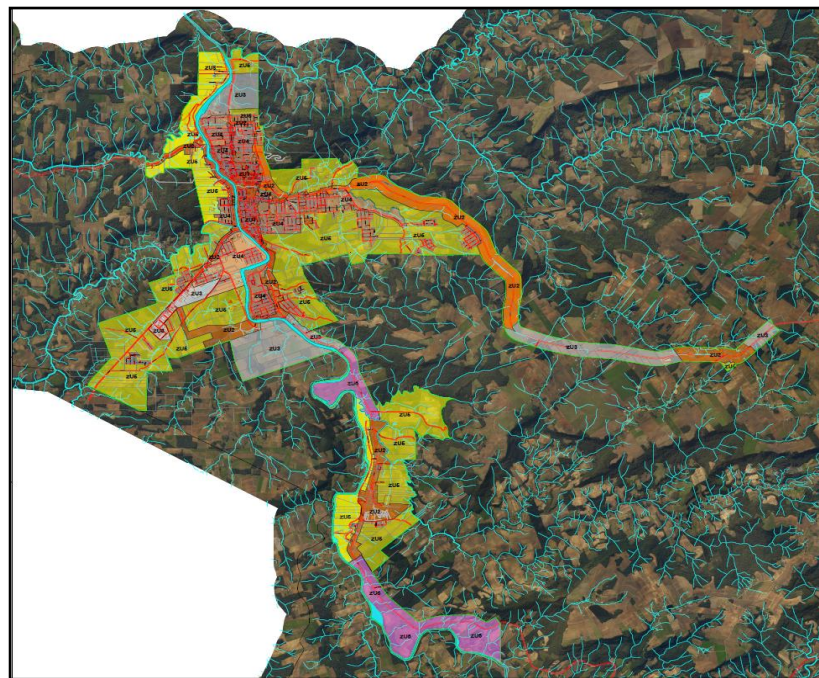
Apesar da existência de instrumentos normativos e legais, o crescimento urbano brasileiro frequentemente ocorre de forma desigual e desordenada. Maricato (2001) argumenta que o processo de urbanização no Brasil caracteriza-se pela coexistência entre a cidade formal, regulamentada pela legislação urbanística, e a cidade informal, produzida à margem dos instrumentos oficiais de planejamento. Essa realidade resulta na ocupação irregular de áreas inadequadas à urbanização, geralmente desprovidas de infraestrutura básica e serviços públicos.

De forma semelhante, Fernandes (2022) destaca que a expansão da urbanização informal tem ocorrido, em muitos casos, pela ocupação crescente de terras públicas, áreas ambientalmente protegidas, fundos de vale, encostas e demais áreas de risco. Essa dinâmica amplia os desafios para a engenharia uma vez que exige intervenções posteriores de regularização fundiária, implantação de infraestrutura urbana e mitigação de riscos geotécnicos e hidrológicos.

Entre os principais impactos decorrentes da expansão urbana destaca-se a impermeabilização do solo. Segundo Tucci (2004), a substituição da cobertura natural por edificações, pavimentação e demais superfícies impermeáveis altera significativamente o ciclo hidrológico urbano, promovendo o aumento do escoamento superficial e das vazões de pico nas bacias hidrográficas. O autor destaca que a impermeabilização e a canalização dos cursos d'água urbanos podem elevar as vazões de cheia em até sete vezes, intensificando a ocorrência de alagamentos e inundações.

Contudo, o planejamento urbano contemporâneo fundamenta-se nos princípios estabelecidos pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que institui o Plano Diretor como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Como pode ser visto na Figura 4, o referido dispositivo legal estabelece mecanismos voltados à garantia da função social da cidade e da propriedade urbana, promovendo o ordenamento territorial, a gestão democrática e a prevenção da ocupação inadequada do solo urbano, como por exemplo, as delimitações do município através de zoneamento.

Figura 4 – Exemplo de ocupação e uso do solo a partir do zoneamento da área



Fonte: Ituporanga (2021)

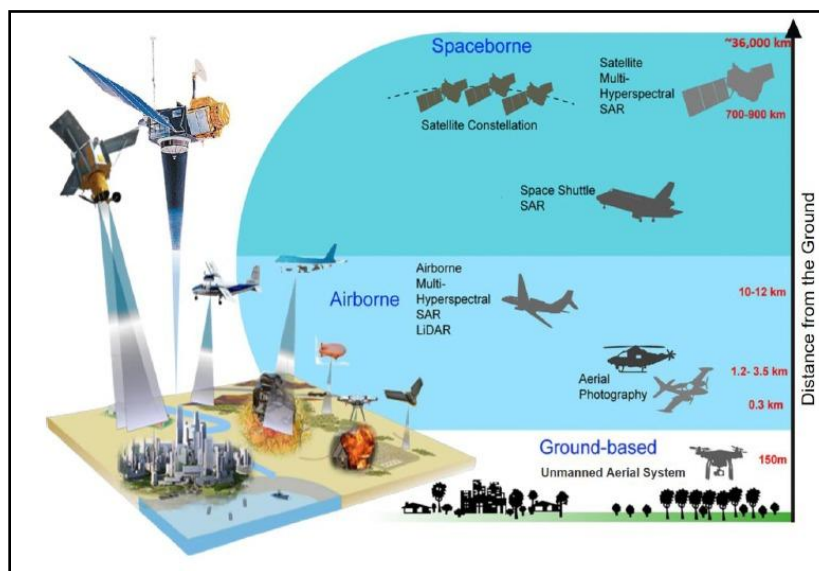
Portanto, a expansão urbana e a ocupação do solo devem ser compreendidas como processos multidimensionais, influenciados por fatores econômicos, sociais, ambientais, legais e infraestruturais. A compreensão dessas dinâmicas é indispensável para o planejamento territorial, especialmente em áreas de expansão urbana, onde a implantação de sistemas de drenagem, pavimentação e demais infraestruturas deve considerar as características físicas e ambientais do território. Dessa forma, o estudo da expansão urbana fornece subsídios técnicos para o ordenamento do uso do solo e para a proposição de intervenções urbanas capazes de conciliar desenvolvimento urbano, funcionalidade da infraestrutura e sustentabilidade ambiental.

2.2. Geotecnologias aplicadas ao planejamento urbano

O acelerado processo de urbanização observado nas últimas décadas tem ampliado a complexidade das atividades relacionadas ao planejamento e à gestão do território, exigindo a utilização de ferramentas capazes de integrar, analisar e representar informações espaciais com elevado grau de precisão. Nesse contexto, as geotecnologias consolidaram-se como importantes instrumentos de apoio ao planejamento urbano, reunindo um conjunto de técnicas e métodos científicos aplicados aos estudos dos recursos naturais, das paisagens e das variáveis ambientais (FARIAS et al., 2023).

Tais ferramentas (Figura 5) englobam diferentes tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto, os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), possibilitando análises integradas do espaço urbano e fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão.

Figura 5- Equipamentos para obtenção de dados espaciais



Fonte: Ghaedi (2021)

Os recursos geoespaciais possibilitam o monitoramento da expansão urbana, na identificação de padrões de ocupação do solo e na análise das transformações espaciais ocorridas ao longo do tempo. Segundo Oliveira et al. (2017), a investigação da dinâmica dos vazios urbanos constitui importante instrumento para o planejamento adequado das cidades, uma vez que o crescimento urbano disperso e desordenado tende a resultar em baixa densidade populacional, aumento dos custos de infraestrutura e intensificação dos processos de segregação socioespacial.

De forma complementar, Almeida et al. (2025) destacam que o emprego do sensoriamento remoto associado aos Sistemas de Informação Geográfica possibilita analisar temporal e espacialmente o uso e ocupação do solo, permitindo identificar impactos decorrentes das transformações antrópicas sobre o ambiente urbano.

O avanço das técnicas de sensoriamento remoto ampliou significativamente as possibilidades de obtenção e análise de informações espaciais aplicadas ao planejamento urbano e às atividades de infraestrutura. De acordo com Wang, Ma (2020), as imagens de sensoriamento remoto constituem importante base de dados para a engenharia, oferecendo

suporte ao planejamento do uso do solo, ao monitoramento da cobertura terrestre e ao desenvolvimento de projetos de infraestrutura. Os autores destacam que essas tecnologias permitem obter informações topográficas e geomorfológicas de forma rápida e eficiente, subsidiando estudos de viabilidade, seleção de áreas para implantação de empreendimentos e avaliação de alternativas locais. Por isso, o sensoriamento remoto contribui para o planejamento territorial e para a proposição de intervenções urbanas mais compatíveis com as características físicas e ambientais do território.

Esses recursos tecnológicos também apresentam significativa contribuição para os estudos relacionados ao parcelamento do solo e ao ordenamento territorial. Frutuoso et al. (2020) ressaltam que os instrumentos de planejamento urbano, especialmente os Planos Diretores, devem estar integrados ao gerenciamento de riscos, considerando as características ambientais e hidrológicas do território.

Dessa forma, a utilização de bases cartográficas digitais, imagens de satélite e análises espaciais permite identificar áreas inadequadas à ocupação, subsidiar a definição de zonas de expansão urbana e orientar a implantação de novos parcelamentos urbanos, contribuindo para a redução de conflitos socioambientais e para o desenvolvimento urbano sustentável (FRUTUOSO et al., 2020; FARIAS et al., 2023).

Esse conjunto de métodos fornece importantes subsídios para a caracterização do relevo, delimitação de bacias hidrográficas e identificação de áreas suscetíveis a inundações. Lima et al. (2024) destacam que a utilização de VANTs permite a geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e ortomosaicos de alta resolução, produtos essenciais para análises topográficas, planejamento e monitoramento de obras. Esses produtos possibilitam a identificação dos fluxos preferenciais de escoamento superficial e a elaboração de diagnósticos territoriais mais precisos, favorecendo a proposição de soluções de micro e macrodrenagem compatíveis com as características físicas do terreno (LIMA et al., 2025; FRUTUOSO et al., 2020).

Além das aplicações em drenagem, esses recursos vêm sendo amplamente empregados em estudos de infraestrutura viária e pavimentação. O uso integrado de imagens aéreas, modelos altimétricos e ferramentas de geoprocessamento permite realizar levantamentos topográficos, análises de declividade, estimativas volumétricas e definição de traçados viários, contribuindo para a elaboração e o acompanhamento de projetos de infraestrutura urbana.

Segundo Lima et al. (2025), a utilização de drones proporciona maior rapidez na coleta de dados, redução de custos operacionais e maior segurança durante os levantamentos de campo. Entretanto, Vardanega et al. (2025) ressaltam que a utilização dessas tecnologias requer atenção quanto à acurácia dos dados, limitações tecnológicas e validação das informações obtidas, de forma a garantir a confiabilidade dos resultados.

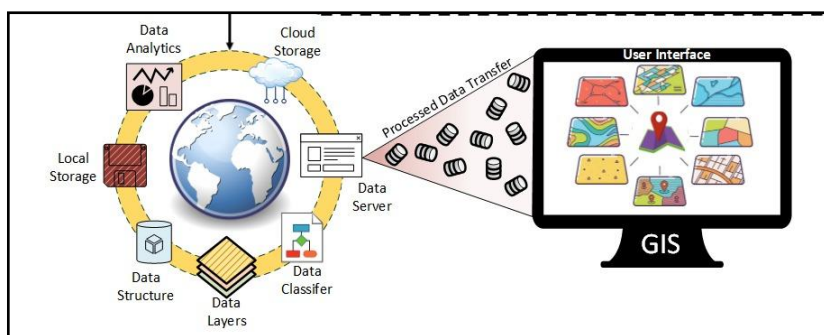
Dessa maneira, as geotecnologias atuam como importantes instrumentos de suporte ao planejamento urbano contemporâneo, permitindo a realização de diagnósticos territoriais mais precisos, o monitoramento das transformações espaciais e a proposição de intervenções urbanas fundamentadas em critérios técnicos, ambientais e socioeconômicos, contribuindo para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e resilientes (RAHMAN et al., 2024; FRUTUOSO et al., 2020).

2.2.1. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma das principais ferramentas utilizadas na análise, planejamento e gestão do espaço urbano. Sua capacidade de integrar informações georreferenciadas provenientes de diferentes fontes possibilita a realização de análises espaciais complexas, favorecendo a compreensão das relações existentes entre os diversos componentes que compõem o território urbano.

De acordo com Rahman et al. (2024), os SIGs (Figura 6) podem ser definidos como tecnologias capazes de coletar, armazenar, recuperar, analisar e representar dados geográficos da superfície terrestre para aplicações específicas, funcionando como ambientes integradores de informações espaciais e alfanuméricas.

Figura 6-Modelo de SIG



Fonte: Quamar (2023)

No contexto urbano, essas ferramentas de análise espacial possibilitam a integração de dados vetoriais e matriciais, possibilitando a elaboração de mapas temáticos, análises multivariadas e modelagens espaciais voltadas ao planejamento territorial. Frutuoso et al. (2020) destacam que o ambiente SIG constitui importante ferramenta de apoio à elaboração de diagnósticos urbanos, especialmente na identificação de áreas suscetíveis a inundações, na análise do uso e ocupação do solo e na revisão de instrumentos de planejamento urbano.

Outro campo de aplicação dessa tecnologia está relacionada ao monitoramento da expansão urbana e à identificação de vazios urbanos Oliveira et al. (2017) ressaltam que a análise espacial dos vazios urbanos permite compreender a dinâmica de crescimento das cidades e identificar áreas ociosas inseridas na malha urbana, subsidiando políticas públicas voltadas ao uso racional do solo urbano e à redução do espraiamento urbano desordenado.

Além disso, o ambiente SIG desempenha papel fundamental nos estudos de infraestrutura urbana, especialmente em atividades relacionadas ao saneamento, drenagem e planejamento viário. Brito et al. (2024) evidenciaram a aplicação do SIG na espacialização de dados relacionados aos serviços de abastecimento de água, demonstrando o potencial dessa ferramenta para subsidiar a gestão e o monitoramento da infraestrutura urbana. De forma complementar, Lima et al. (2024) destacam que os Modelos Digitais de Elevação e os ortomosaicos gerados a partir de levantamentos com VANTs constituem importantes bases de dados espaciais para análises topográficas, estudos hidrológicos e planejamento de obras de engenharia.

Contudo, os ambientes de geoprocessamento baseados em SIG consolidam-se como ferramentas indispensáveis para o planejamento urbano, permitindo integrar, processar e interpretar informações espaciais de maneira sistemática, contribuindo para o desenvolvimento de diagnósticos territoriais e para a tomada de decisões fundamentadas em critérios técnicos e científicos (RAHMAN et al., 2024; FRUTUOSO et al., 2020).

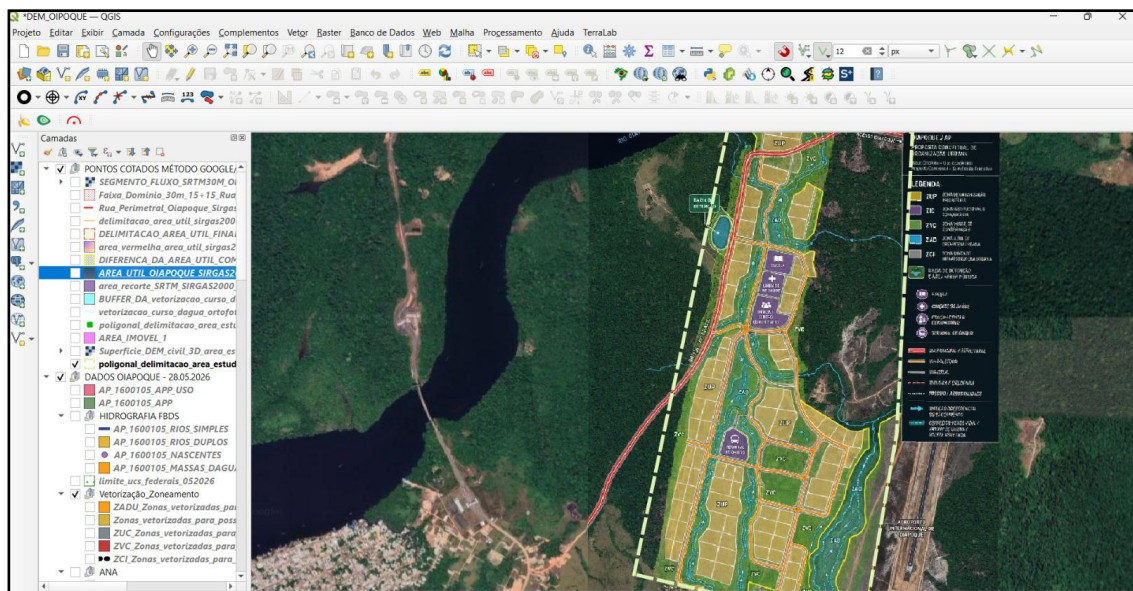
2.2.2. Aplicação do QGIS na análise espacial urbana

Entre os softwares livres de geoprocessamento disponíveis atualmente, destaca-se o QGIS, amplamente empregado em estudos acadêmicos, atividades técnicas e projetos relacionados ao planejamento territorial e à gestão urbana. Sua popularização deve-se, principalmente, à diversidade de ferramentas de geoprocessamento disponíveis, à compatibilidade com diferentes formatos de dados espaciais e à ausência de custos de

licenciamento. Em razão dessas características, o software tem sido cada vez mais adotado em universidades, órgãos públicos e empresas que desenvolvem atividades relacionadas à análise espacial e ao planejamento urbano.

Frutuoso et al. (2020) demonstraram a utilização do QGIS na identificação e classificação (Figura 7) de diferentes tipologias urbanas por meio da integração de imagens do Google Earth Pro e bases cartográficas digitais. Segundo os autores, o software possibilita a espacialização de informações urbanas, permitindo identificar padrões de ocupação do solo, delimitar áreas suscetíveis a riscos e subsidiar processos de planejamento territorial.

Figura 7 - Interface do Qgis e classificações das áreas



Fonte: Autor (2026)

Além disso, essa ferramenta apresenta elevado potencial para estudos relacionados ao uso e ocupação do solo, permitindo integrar informações provenientes de imagens orbitais, levantamentos de campo e produtos fotogramétricos. Almeida et al. (2025) destacam que a utilização conjunta do sensoriamento remoto e do geoprocessamento possibilita identificar alterações temporais na cobertura do solo, permitindo avaliar impactos ambientais decorrentes da expansão urbana e subsidiar a elaboração de medidas preventivas e corretivas.

Em estudos voltados à infraestrutura urbana, a utilização dessa ferramenta tem contribuído para a espacialização e análise de informações relacionadas aos serviços

públicos. Brito et al. (2024) evidenciaram a aplicação do QGIS (Figura 7) no monitoramento de informações relacionadas ao abastecimento de água, demonstrando sua contribuição para a gestão da infraestrutura urbana e para o planejamento de intervenções técnicas.

Destaca-se ainda a capacidade do ambiente de geoprocessamento em integrar dados provenientes de levantamentos realizados com VANTs. Conforme destacado por Lima et al. (2024), os produtos gerados a partir de aerolevantamentos, como ortomosaicos e Modelos Digitais de Elevação, podem ser processados e analisados em ambiente SIG, permitindo a realização de análises altimétricas, delimitação de áreas de contribuição, identificação de fluxos preferenciais de escoamento superficial e elaboração de diagnósticos territoriais detalhados.

Diante dessas potencialidades, a utilização dessa plataforma configura-se como importante suporte à análise espacial urbana, possibilitando a integração e interpretação de informações geográficas essenciais ao planejamento do uso e ocupação do solo, à gestão da infraestrutura urbana e à proposição de soluções técnicas fundamentadas nas características físicas e ambientais do território (FRUTUOSO et al., 2020; ALMEIDA et al., 2025).

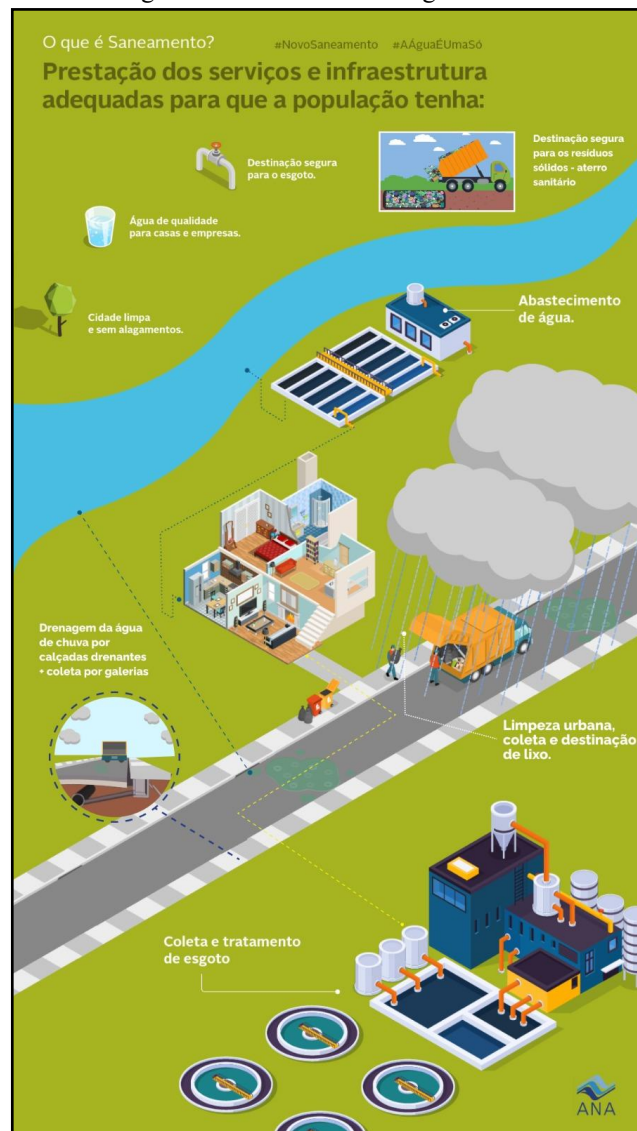
2.3. Infraestrutura urbana

A infraestrutura urbana constitui um dos principais elementos responsáveis pelo funcionamento e pela organização das cidades, sendo composta por um conjunto de obras, sistemas, equipamentos e serviços indispensáveis ao atendimento das necessidades da população. De acordo com a ABNT NBR 16636-3, a urbanização corresponde ao conjunto de técnicas, instalações e obras inseridas na paisagem com a finalidade de dotar determinada área de condições adequadas de infraestrutura, permitindo sua ocupação e utilização de forma planejada (ABNT, 2020).

A adequada provisão de serviços urbanos está diretamente associada à garantia das funções sociais da cidade e à promoção da qualidade de vida da população. O Estatuto da Cidade estabelece que a política urbana deve assegurar o direito a cidades sustentáveis, compreendendo, entre outros aspectos, o acesso à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos (BRASIL, 2001). Portanto, a disponibilidade e a qualidade da infraestrutura influenciam diretamente as condições de habitabilidade, mobilidade, salubridade e segurança dos espaços urbanos.

Sob a perspectiva do planejamento urbanístico, a infraestrutura deve ser concebida de maneira integrada às características físicas, ambientais e socioeconômicas do território. A ABNT NBR 16636 recomenda que a elaboração de projetos urbanísticos seja precedida de estudos técnicos capazes de identificar condicionantes ambientais, legais e territoriais, subsidiando a definição das soluções mais adequadas para cada área de intervenção, vide Figura 8.

Figura 8 - Infraestrutura integrada



Fonte: ANA (2025)

Além disso, a norma destaca a necessidade de compatibilização entre os diversos sistemas urbanos (Figura 8), tais como mobilidade, drenagem, saneamento,

resíduos sólidos, infraestrutura ambiental e terraplenagem, evidenciando o caráter multidisciplinar inerente ao planejamento urbano contemporâneo (ABNT, 2020).

A literatura técnica demonstra que esse sistema exerce influência significativa sobre a eficiência e a sustentabilidade das cidades. Estudos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) indicam que características relacionadas à forma urbana, à conectividade da rede viária, à densidade populacional e à diversidade de usos do solo interferem diretamente nos padrões de mobilidade urbana e no consumo energético associado aos deslocamentos. Assim, cidades dotadas de infraestrutura adequada e planejada tendem a apresentar maior eficiência funcional, redução dos impactos ambientais e melhores condições de acessibilidade para a população (PEREIRA et al., 2022).

No contexto brasileiro, a distribuição desigual dos investimentos em infraestrutura urbana historicamente contribuiu para a formação de territórios caracterizados por distintos níveis de acesso aos serviços públicos. Maricato (2001) ressalta que a natureza e a localização dos investimentos públicos em infraestrutura, equipamentos e serviços urbanos influenciam diretamente os processos de valorização imobiliária, segregação territorial e desigualdade socioespacial. Segundo a autora, a insuficiência de investimentos em determinadas áreas urbanas favorece a consolidação de assentamentos precários e amplia as desigualdades no acesso aos benefícios produzidos pela urbanização (MARICATO, 2001).

É importante destacar que esse fator desempenha importante papel na estruturação e integração do território. Becker (2005) destaca que a ocupação do território amazônico foi fortemente influenciada pela implantação de redes técnicas, constituídas por sistemas rodoviários, urbanos, energéticos e de telecomunicações, responsáveis pela articulação dos fluxos econômicos e sociais. Nesse sentido, as cidades assumem papel estratégico como bases logísticas e centros de suporte às atividades regionais, evidenciando a relevância da infraestrutura para a organização territorial e para a dinâmica do desenvolvimento regional.

Outro aspecto relevante refere-se à interdependência existente entre os diversos componentes da infraestrutura urbana, na Figura 9, destaca-se esse conjunto de sistema definido através do Novo Marco Legal de Saneamento Básico. Intervenções em sistemas viários, por exemplo, podem alterar padrões de drenagem superficial, demandar adequações

nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e influenciar diretamente a ocupação do território e na limpeza urbana.

Dessa forma, o planejamento integrado dos diferentes sistemas torna-se fundamental para garantir maior eficiência operacional, minimizar impactos ambientais e promover maior resiliência urbana frente às transformações impostas pelo processo de urbanização (ABNT, 2020).

Figura 9 - Principais componentes do Novo Marco Legal



Fonte: UNIFAP (2024)

Diante da complexidade dos sistemas urbanos e da necessidade de promover cidades mais sustentáveis, resilientes e funcionalmente eficientes, torna-se indispensável o planejamento integrado dos componentes que estruturam a infraestrutura urbana. Entre esses componentes, destacam-se o sistema de saneamento básico, a drenagem urbana, resíduos sólidos e o sistema viário, cuja implantação e funcionamento adequado influenciam diretamente a qualidade ambiental, a mobilidade, a segurança e as condições de ocupação do solo.

Será feita uma síntese dos quatro principais pilares do Novo Marco Legal de Saneamento (Figura 9) mas considerando objetivos desta pesquisa a discussão será aprofundada nos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e no sistema viário, por constituírem elementos diretamente relacionados ao planejamento da área de estudo e às análises desenvolvidas nos tópicos subsequentes.

2.3.1. Sistema de saneamento básico: água e esgoto

O abastecimento de água potável e o esgotamento sanitário (Figura 10) constituem componentes fundamentais do saneamento básico e desempenham papel essencial na promoção da saúde pública, da qualidade ambiental e do desenvolvimento urbano. A Política Nacional de Saneamento Básico, instituída pela Lei nº 11.445/2007 e

atualizada pela Lei nº 14.026/2020, define o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais destinados ao abastecimento de água potável, ao esgotamento sanitário, à limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e à drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Além de estabelecer diretrizes para a prestação desses serviços, a legislação reforça princípios como a universalização do acesso, a integralidade, a eficiência e a sustentabilidade da prestação dos serviços públicos, evidenciando sua importância para o planejamento e o desenvolvimento das cidades. Lei nº 11.445/2007 Lei nº 14.026/2020.

Figura 10 - Sistema de água potável e esgotamento sanitário



Fonte: ANA (2021)

Embora o Marco Regulatório Brasileiro tenha evoluído significativamente nas últimas décadas, a universalização dos serviços ainda representa um dos maiores desafios da infraestrutura urbana nacional. Ao analisar os impactos do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Areal (2023) destaca que a ampliação da cobertura dos serviços depende não apenas de investimentos financeiros, mas também de planejamento de longo prazo, capacidade institucional, segurança regulatória e eficiência da gestão dos sistemas. A autora ressalta que a expansão das redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário

deve acompanhar o crescimento das cidades, permitindo que novos parcelamentos urbanos sejam incorporados de forma ordenada à infraestrutura existente e evitando a consolidação de áreas desprovidas de serviços essenciais.

No contexto amazônico, os desafios tornam-se ainda mais expressivos em razão das características territoriais, da dispersão populacional e das desigualdades históricas na oferta dos serviços públicos. Ao avaliar indicadores de saneamento dos antigos territórios federais da Amazônia, Viegas et al. (2024) identificaram diferenças significativas entre os estados da região, demonstrando que a universalização dos serviços permanece distante da realidade de grande parte da população. Os autores verificaram que o Estado do Amapá apresentou os indicadores mais críticos de abastecimento de água entre os estados analisados, evidenciando que a elevada disponibilidade de recursos hídricos não se traduz, necessariamente, em acesso adequado aos serviços de saneamento, o que reforça a necessidade de planejamento territorial, gestão eficiente e ampliação dos investimentos públicos no setor.

A literatura recente também evidencia que a universalização do saneamento básico exige uma abordagem integrada entre seus diferentes componentes e as políticas de planejamento urbano. Novaes e Marques (2023) argumentam que a fragmentação histórica da gestão do saneamento contribuiu para soluções isoladas, desconsiderando as interações existentes entre abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo das águas pluviais, habitação e uso e ocupação do solo. Segundo os autores, a superação desse modelo requer uma visão sistêmica do território, na qual o planejamento urbano considere simultaneamente aspectos ambientais, sociais, econômicos e institucionais, favorecendo a implantação de soluções mais eficientes e sustentáveis para o desenvolvimento das cidades.

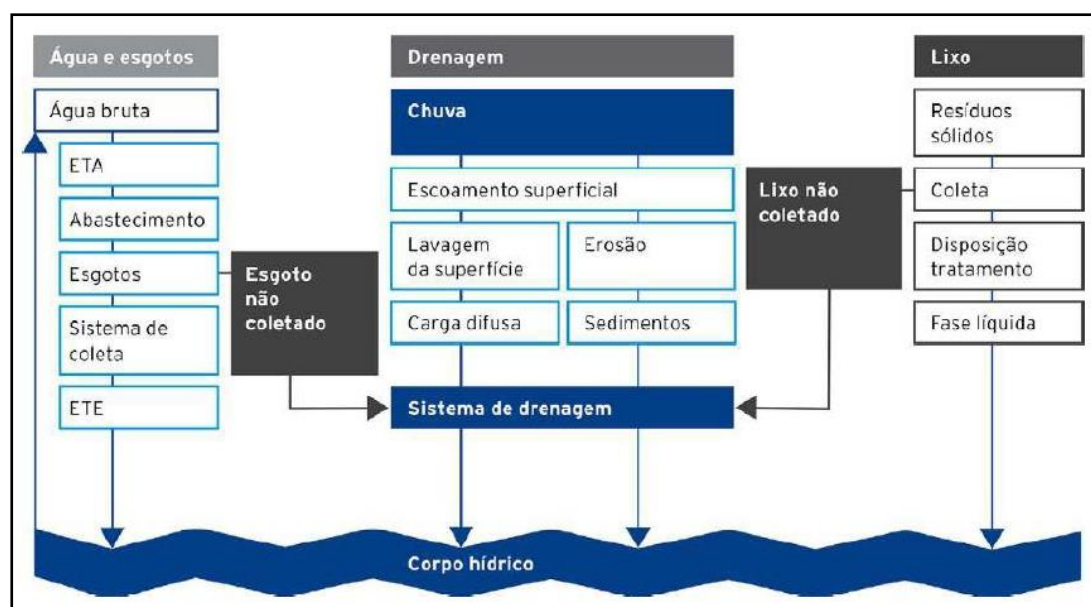
A definição de áreas destinadas à expansão urbana deve considerar não apenas as características físicas e ambientais do território, mas também a capacidade de implantação ou ampliação desses sistemas, de modo a assegurar condições adequadas de habitabilidade, reduzir desigualdades no acesso aos serviços públicos e promover o desenvolvimento urbano de forma sustentável. Essa visão integrada estabelece a base conceitual para a discussão do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbana de águas pluviais, abordado no tópico seguinte.

2.3.2. Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025), o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU) constitui um dos quatro componentes do saneamento básico brasileiro, sendo responsável pelo gerenciamento das águas provenientes das precipitações e pelo controle dos processos hidrológicos no ambiente urbano (Figura 11).

Mais do que promover o escoamento das águas pluviais, esse sistema compreende um conjunto de serviços, infraestruturas e medidas destinadas a minimizar problemas como alagamentos, enxurradas, inundações, processos erosivos e a degradação dos corpos hídricos, atuando de forma integrada ao planejamento territorial e às políticas de desenvolvimento urbano.

Figura 11- Fluxograma dos serviços de saneamento e os impactos sobre o sistema de drenagem



Fonte: ADASA (2023)

A agência reguladora (ANA, 2025) destaca que o DMAPU deve ser articulado aos instrumentos de planejamento municipal, especialmente ao Plano Diretor e ao Plano Municipal de Saneamento Básico, de modo a orientar o uso e a ocupação do solo e reduzir a exposição da população aos riscos hidrológicos.

A evolução desse conceito representa uma mudança significativa na forma de compreender o papel da drenagem nas cidades. Durante décadas predominou uma

abordagem denominada higienista, cujo objetivo principal consistia em remover rapidamente as águas pluviais por meio de galerias, canais e demais dispositivos hidráulicos, transferindo o escoamento para jusante (SUDERHSA,2002).

Entretanto, essa estratégia mostrou-se insuficiente diante da intensificação da urbanização e da recorrência de inundações urbanas. Em contraposição, consolidou-se uma abordagem ambientalista, baseada no manejo das águas pluviais, que busca preservar o funcionamento natural do ciclo hidrológico por meio da infiltração, retenção, detenção e evapotranspiração das águas de chuva, reduzindo a transferência dos impactos para outras áreas da bacia hidrográfica. Essa mudança de paradigma ampliou o papel da drenagem urbana, incorporando princípios de sustentabilidade, conservação ambiental e planejamento integrado do território (SUDERHSA, 2002).

Sob essa perspectiva, a gestão das águas pluviais passa a ser compreendida como parte integrante do planejamento urbano. Tucci (2012) ressalta que a drenagem urbana deve ser planejada considerando o comportamento do escoamento no tempo e no espaço, uma vez que a própria ocupação do solo determina a intensidade das alterações hidrológicas provocadas pelo processo de urbanização.

Ainda, segundo Tucci (2012) o planejamento da expansão urbana deixa de considerar apenas a implantação de obras hidráulicas para incorporar medidas preventivas capazes de controlar os impactos decorrentes da impermeabilização do solo, estabelecendo diretrizes que conciliem o desenvolvimento urbano com a manutenção do equilíbrio hidrológico das bacias. Essa concepção fundamenta a Gestão Integrada das Águas Urbanas (GIAU) e reforça a necessidade de que os sistemas de drenagem sejam concebidos de forma articulada com o parcelamento do solo, a infraestrutura urbana e os instrumentos de ordenamento territorial.

O crescimento das cidades modifica significativamente o comportamento hidrológico das bacias urbanas. A substituição da cobertura vegetal e das superfícies naturais por edificações, pavimentos e demais áreas impermeáveis reduz a capacidade de infiltração das águas pluviais, intensificando o escoamento superficial e alterando o equilíbrio do ciclo hidrológico (Santos; Nascimento, 2025).

Santos e Nascimento (2025) relatam que a urbanização acelerada e desordenada, além de favorecer a ocupação de áreas ambientalmente frágeis, provoca o

aumento dos picos de vazão, amplia a ocorrência de alagamentos e contribui para processos de degradação ambiental e desigualdades sociais, evidenciando que a forma de ocupação do território exerce influência direta sobre o desempenho dos sistemas de drenagem urbana. Essa relação reforça a necessidade de que o planejamento da expansão urbana seja desenvolvido em conjunto com estratégias de manejo das águas pluviais, reduzindo os impactos decorrentes da impermeabilização do solo (Santos; Nascimento, 2025).

Estudos desenvolvidos por Tucci demonstram que as alterações provocadas pela urbanização extrapolam o aumento do escoamento superficial, afetando todo o balanço hídrico da bacia. A impermeabilização reduz significativamente a infiltração da água no solo, comprometendo a recarga dos aquíferos e elevando de forma expressiva as vazões de cheia, que podem atingir valores muito superiores aos observados em condições naturais.

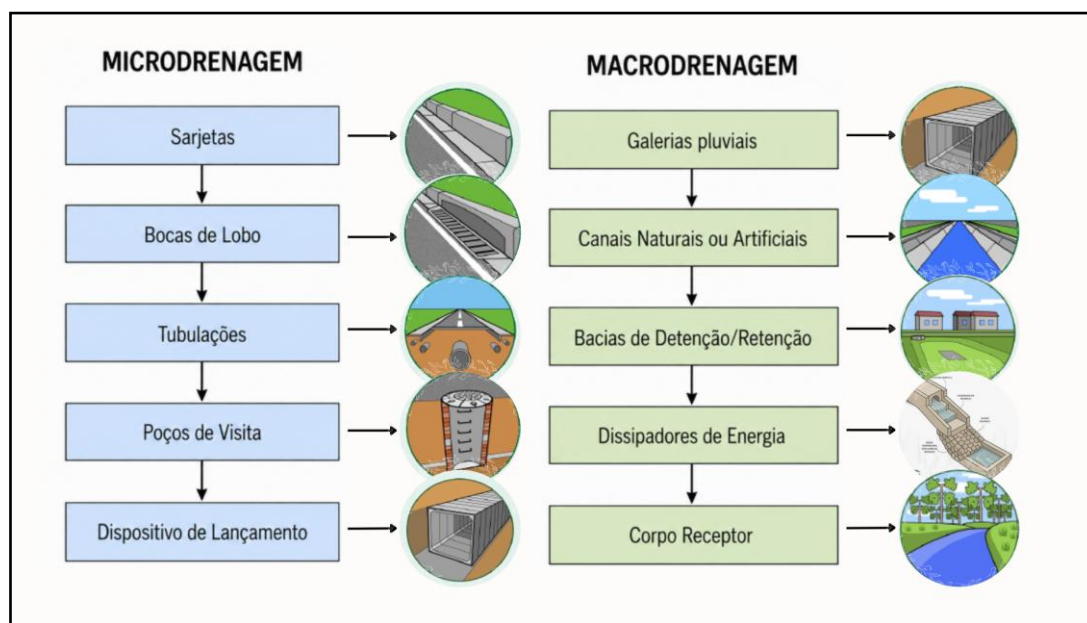
Além disso, a redução do tempo de concentração faz com que os picos de vazão ocorram de maneira mais rápida, aumentando a probabilidade de sobrecarga dos sistemas de drenagem existentes. Esses efeitos evidenciam que o crescimento urbano, quando desvinculado do planejamento hidrológico, tende a potencializar a ocorrência de inundações e comprometer o funcionamento da infraestrutura urbana (Tucci, 2012; Tucci et al., 2024).

Outro fator relevante refere-se à ocupação de áreas naturalmente sujeitas às inundações. Farias et al. (2023) ressaltam que intervenções como a retificação, canalização e tamponamento de cursos d'água, associadas à ocupação das planícies de inundação, modificam a dinâmica natural das bacias hidrográficas e intensificam os conflitos entre o crescimento urbano e os processos hidrológicos.

Os autores destacam que o reconhecimento dessas áreas e sua adequada delimitação constituem etapas fundamentais para o ordenamento territorial, permitindo restringir ocupações incompatíveis com a dinâmica das águas e subsidiar decisões relacionadas ao parcelamento do solo, à implantação da infraestrutura urbana e à redução dos riscos de inundações. Assim, o conhecimento das características físicas do terreno passa a representar um dos principais instrumentos preventivos para o planejamento de cidades mais resilientes. Como resposta às transformações provocadas pela urbanização, os sistemas de drenagem urbana são estruturados em dois níveis complementares: microdrenagem e macrodrenagem (Figura 9). As instituições responsáveis como a ANA (2025) e o DNIT (2005) informam que a microdrenagem (Figura 12) é composta pelas estruturas responsáveis pela captação e condução inicial das águas pluviais em escala local, como

sarjetas, bocas de lobo, tubulações que interligam esses dispositivos, bem com poços de visita e galerias de pequeno porte. Já macrodrenagem (Figura 12) corresponde às estruturas destinadas ao transporte e amortecimento dos grandes volumes escoados pelas bacias hidrográficas urbanas.

Figura 12 - Síntese dos sistemas



Fonte: Adaptado ANA (2025).

Embora possuam funções distintas, ambos os sistemas devem atuar de forma integrada, considerando as características da bacia de contribuição e as condições de ocupação do território, de modo a garantir o adequado funcionamento da rede de drenagem e reduzir os riscos associados às precipitações intensas (ANA, 2025).

A Figura 13 ilustra de forma esquemática a integração do sistema de microdrenagem com os demais componentes da infraestrutura urbana. Observa-se que as águas pluviais escoam superficialmente pelas sarjetas localizadas junto ao meio-fio e são captadas pelas bocas de lobo, sendo posteriormente conduzidas por ramais de ligação até as galerias subterrâneas de águas pluviais. A imagem também evidencia a disposição das redes de abastecimento de água e de esgotamento sanitário sob o leito da via, demonstrando a necessidade de compatibilização entre os diferentes sistemas de infraestrutura durante o planejamento e a execução de projetos urbanos, de modo a garantir a funcionalidade, facilitar futuras intervenções de manutenção e minimizar conflitos entre as redes (TUCCI, 2012).

Figura 13-Exemplo de integração do sistema de microdrenagem com as redes de infraestrutura urbana



Fonte: AGEMS (2024)

A Figura 14 apresenta um exemplo de integração entre o sistema de macrodrenagem e a infraestrutura verde em ambiente urbano. Observa-se a presença de canais de drenagem associados a lagoas de retenção, áreas vegetadas e espaços públicos multifuncionais, que atuam conjuntamente na condução, armazenamento temporário e amortecimento das vazões provenientes da microdrenagem. Além de reduzir os riscos de alagamentos, essas soluções favorecem a infiltração da água no solo, a retenção de sedimentos, a melhoria da qualidade da água e a valorização paisagística dos espaços urbanos, contribuindo para um sistema de drenagem mais resiliente e ambientalmente sustentável (TUCCI, 2012).

Figura 14- Exemplo de integração do sistema de macrodrenagem infraestrutura urbana



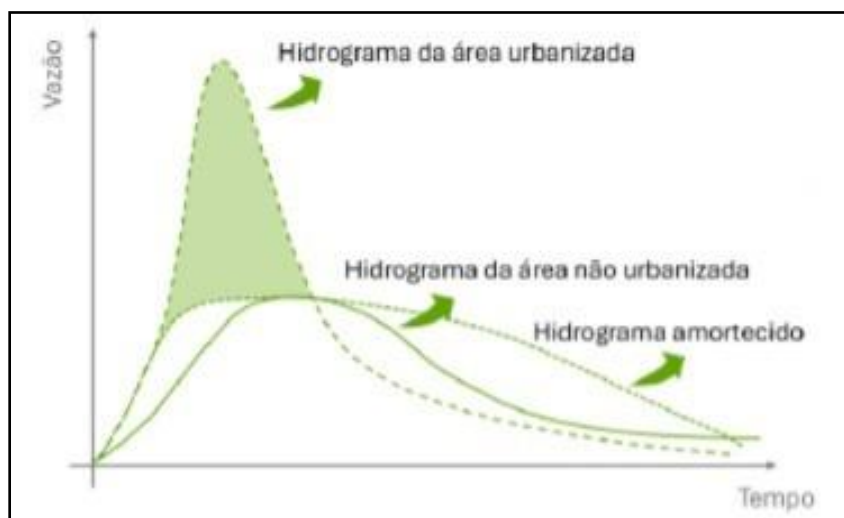
Fonte: Geasa (2025)

Historicamente, o dimensionamento desses sistemas esteve baseado na rápida condução das águas pluviais por meio de dispositivos convencionais, como galerias, canais, bueiros e dissipadores de energia. Os manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006; 2023) estabelecem critérios técnicos para o projeto e a execução desses dispositivos, fundamentais para assegurar a estabilidade das vias, a segurança do tráfego e a preservação das obras de infraestrutura, além disso, estabelece critérios para dimensionamento dessas peças utilizando alguns modelos e métodos hidrológicos, dentre eles, o Método Racional.

2.3.2.1. Método Racional

Embora o presente trabalho não contemple o dimensionamento hidráulico dos dispositivos propostos, a estimativa das vazões de projeto constitui uma etapa indispensável para o desenvolvimento de projetos executivos de drenagem urbana. Com base na literatura, ela apresenta diferentes procedimentos para essa estimativa, cuja aplicação varia conforme a área da bacia, o nível de detalhamento requerido e a complexidade do sistema analisado. Dessa forma, a seleção do método deve considerar as características físicas da área de estudo e os objetivos do projeto de drenagem (DNIT, 2005; TUCCI, 2012; ADASA, 2023).

Figura 15-Hidrograma comparando a condição de urbanização com a de pré desenvolvimento



Fonte: ANA (2025)

Entre os métodos empregados para a determinação das vazões de projeto, o Método Racional destaca-se como um dos mais difundidos e utilizados em projetos de microdrenagem urbana, especialmente em pequenas bacias hidrográficas. Sua ampla

utilização está associada, por exemplo, na Figura 15, à simplicidade de aplicação e à capacidade de relacionar as características da superfície da bacia, a intensidade da precipitação e a área de contribuição na estimativa da vazão máxima de escoamento superficial (DNIT, 2005; ADASA, 2023; BEZERRA et al., 2021).

De acordo com o DNIT (2023), o Método Racional pode ser expresso pela seguinte equação 1:

$$Q = \frac{C.I.A}{3,6}$$

:

A Equação 1 expressa a seguinte relação em que **Q** representa a vazão de projeto (m³/s), **C** corresponde ao coeficiente de escoamento superficial, **i** à intensidade da precipitação de projeto (mm/h) e **A** à área de contribuição da bacia (km²). A correta determinação desses parâmetros é fundamental para o dimensionamento de dispositivos de drenagem capazes de conduzir ou amortecer as vazões geradas durante eventos pluviométricos intensos (DNIT, 2005)

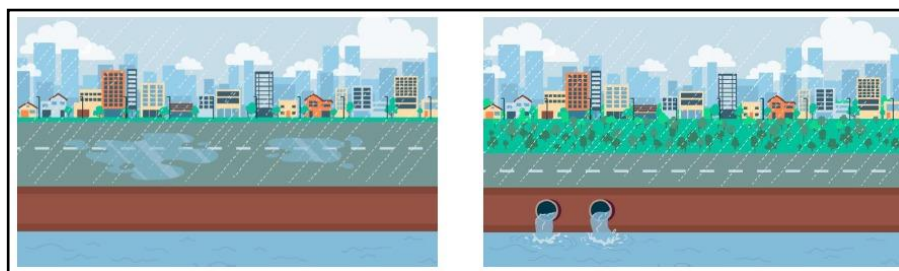
Entretanto, a ampliação contínua das áreas impermeabilizadas (Figura 15) demonstrou que a simples expansão das redes hidráulicas não é suficiente para solucionar os problemas de inundação, especialmente quando o crescimento urbano ocorre de forma acelerada e sem considerar o comportamento hidrológico da bacia. Por isso, as técnicas compensatórias passaram a ocupar posição de destaque no planejamento da drenagem urbana.

2.3.3. Medidas mitigadoras para controle de escoamento superficial

De acordo com a ADASA (2023), o desenvolvimento urbano não deve aumentar o escoamento superficial em relação às condições naturais do terreno, princípio que fundamenta a adoção de medidas de controle na fonte, capazes de promover a infiltração, retenção e detenção das águas pluviais antes de sua descarga na rede pública.

Na Figura 16, observa-se que há dois tipos de infraestrutura, o exemplo a esquerda demonstra a não integração do sistema, e a forma como ele influencia diretamente no escoamento do fluxo de água, impedindo que esse modelo funcione conforme as diretrizes estabelecidas pela a instituição reguladora, enquanto que no sistema a direita, há uma harmonia entre os componentes.

Figura 16- Exemplo de infraestruturas que influenciam no escoamento superficial



Fonte: ANA (2021)

Entre essas soluções destacam-se os pavimentos permeáveis, jardins de chuva, trincheiras de infiltração, microrreservatórios e bacias de retenção, dispositivos que contribuem para reduzir os picos de vazão, favorecer a recarga do solo e minimizar a sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem. Conforme ressaltado pela SUDERHSA (2002), essas medidas representam uma mudança significativa na concepção dos projetos de drenagem, ao priorizar o controle do escoamento próximo à sua origem.

Além dos benefícios hidráulicos, essas soluções incorporam princípios de sustentabilidade e multifuncionalidade ao espaço urbano. Santos e Nascimento (2025) destacam que as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) utilizam processos naturais para mitigar os impactos da urbanização, conciliando o manejo das águas pluviais com a melhoria da qualidade ambiental e da paisagem urbana.

De forma complementar, Battemarco et al. (2018) demonstram que praças, parques e outros espaços livres podem desempenhar simultaneamente funções recreativas e de controle de cheias, atuando como áreas temporárias de armazenamento das águas pluviais. Sob essa perspectiva, a drenagem deixa de ser compreendida apenas como um conjunto de obras hidráulicas e passa a integrar o processo de planejamento urbano, contribuindo para a construção de cidades mais resilientes, sustentáveis e adaptadas às características naturais do território.

Após discutir os conceitos, os impactos da urbanização e as soluções de manejo das águas pluviais, torna-se evidente que a eficiência da drenagem urbana depende de sua integração com os demais componentes que fazem parte do meio urbano. Entre esses componentes, destaca-se a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, que, além de garantir a organização do lugar, exerce papel fundamental que influencia na coleta, condução e direcionamento do escoamento superficial através da limpeza de dispositivos.

2.3.4. Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

Conforme citado anteriormente, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos constituem um dos quatro eixos do saneamento básico, sendo essenciais para a promoção da saúde pública, da qualidade ambiental e do desenvolvimento urbano sustentável. Esse componente compreende o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações destinados às atividades de coleta, transporte, tratamento e destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, bem como à limpeza dos espaços públicos (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020)

Já o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) desempenha papel estratégico ao orientar o planejamento e a gestão desses serviços, permitindo que os municípios identifiquem suas necessidades, estabeleçam metas e implementem ações compatíveis com sua realidade socioambiental. Conforme destacado na Cartilha Informativa V - Resíduos Sólidos, elaborada pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) no âmbito do projeto TEDPLAN, a gestão dos resíduos sólidos representa um dos principais desafios para os municípios amazônicos, exigindo planejamento integrado, participação social e adoção de soluções ambientalmente sustentáveis.

A compreensão do conceito de resíduos sólidos constitui etapa fundamental para o planejamento das ações de limpeza urbana e para a gestão adequada dos serviços públicos de saneamento. Segundo a ABNT NBR 10004:2004, resíduos sólidos são os materiais nos estados sólido e semissólido oriundos de atividades domésticas, industriais, comerciais, agrícolas, hospitalares e de serviços, incluindo os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água e dos equipamentos de controle da poluição, bem como determinados líquidos cuja disposição na rede pública de esgoto ou em corpos hídricos seja técnica ou economicamente inviável (ABNT, 2004).

Além da definição normativa, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece princípios, objetivos e instrumentos voltados à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Entre seus principais fundamentos destacam-se a prevenção da geração de resíduos, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a logística reversa, a coleta seletiva, a reciclagem e a disposição final ambientalmente adequada apenas dos rejeitos. Essas diretrizes representam importante avanço na política ambiental brasileira ao priorizar

a redução dos impactos ambientais e estimular modelos sustentáveis de produção e consumo (BRASIL, 2010).

Sob a perspectiva técnica, o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) destaca que a gestão integrada dos resíduos sólidos deve considerar simultaneamente aspectos ambientais, sociais, econômicos, culturais e institucionais, articulando ações de planejamento, educação ambiental, coleta, transporte, tratamento, reciclagem e disposição final dos rejeitos.

O manual ressalta ainda que a inexistência ou deficiência desses serviços favorece a proliferação de vetores de doenças, a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além de comprometer a qualidade ambiental das áreas urbanas. Dessa forma, o planejamento integrado dos resíduos sólidos constitui requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável dos municípios brasileiros (FUNASA, 2019).

Embora o presente trabalho tenha como foco principal a proposição de diretrizes para o sistema viário e para a drenagem urbana da área de expansão do bairro Nova Conquista, o componente de resíduos sólidos integra o planejamento urbano por influenciar diretamente a eficiência dos sistemas de drenagem. O descarte inadequado de resíduos em vias públicas, sarjetas, canais e dispositivos de microdrenagem contribui para obstruções, redução da capacidade hidráulica e aumento da ocorrência de alagamentos, evidenciando que a gestão dos resíduos sólidos deve ser tratada de forma integrada aos demais componentes do saneamento básico durante o processo de planejamento territorial (BRASIL, 2010; FUNASA, 2019).

2.3.5. Planos Municipais de Saneamento Básico como instrumento de planejamento urbano no estado do Amapá

Os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) constituem instrumentos essenciais para o planejamento e a gestão dos serviços de saneamento, permitindo aos municípios diagnosticar as condições existentes, estabelecer metas e definir programas voltados à universalização dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Nos municípios de pequeno porte, especialmente na Amazônia, a elaboração desses planos representa um desafio em razão das limitações técnicas, financeiras e institucionais enfrentadas pelas administrações públicas,

tornando indispensável o apoio de instituições de pesquisa e órgãos especializados para o fortalecimento da capacidade de planejamento local (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020).

Nesse histórico, destaca-se o Projeto TEDPLAN (Termo de Execução Descentralizada para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico), desenvolvido pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). O projeto foi concebido para prestar apoio técnico especializado às prefeituras de municípios com população inferior a 50 mil habitantes, contribuindo para a elaboração dos PMSB por meio de diagnósticos, estudos técnicos, capacitação de equipes municipais e produção de materiais orientativos adaptados à realidade amazônica. Essa iniciativa fortalece a gestão pública municipal e amplia a capacidade de planejamento territorial e ambiental dos municípios contemplados.

No âmbito do Projeto TEDPLAN/UNIFAP/FUNASA, foram elaborados Planos Municipais de Saneamento Básico para os municípios de Amapá, Cutias, Itaubal, Laranjal do Jari, Mazagão e Vitória do Jari. Em sua segunda fase, o projeto está em andamento e passou a contemplar os municípios de Oiapoque, Calçoene, Tartarugalzinho, Ferreira Gomes e Pedra Branca do Amapari, ampliando o apoio técnico à elaboração dos PMSB no estado do Amapá e fortalecendo a implementação das políticas públicas de saneamento básico nos municípios amazônicos.

A importância de iniciativas como o TEDPLAN torna-se ainda mais evidente no contexto amazônico, onde a elevada densidade da rede hidrográfica, a expansão urbana acelerada e as fragilidades institucionais exigem abordagens integradas para o planejamento da infraestrutura urbana. Conforme destaca o Manual de Saneamento da FUNASA, o planejamento da drenagem urbana deve estar articulado aos demais componentes do saneamento básico e considerar as características da bacia hidrográfica, o uso e ocupação do solo e as perspectivas de expansão urbana, permitindo a adoção de medidas estruturais e estruturantes capazes de reduzir os impactos das inundações e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

Nesse cenário, pesquisas voltadas ao planejamento urbano apoiado por geotecnologias assumem papel estratégico ao fornecer informações espaciais capazes de subsidiar a tomada de decisão pelos gestores públicos. A integração entre diagnóstico territorial, planejamento da drenagem, uso e ocupação do solo e infraestrutura urbana fortalece os princípios que orientam os Planos Municipais de Saneamento Básico e contribui

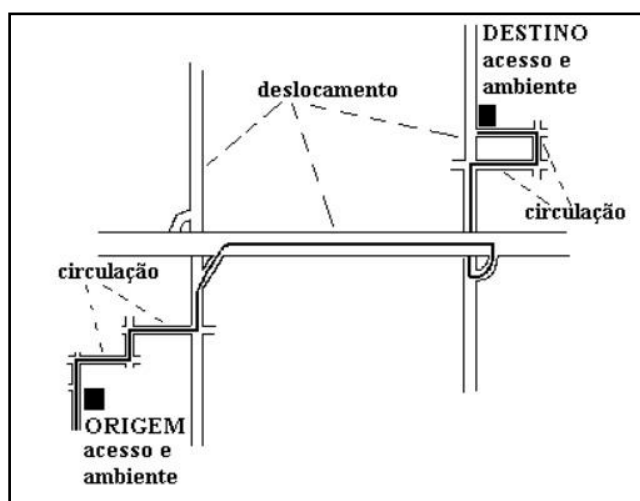
para a construção de cidades mais resilientes, sustentáveis e adaptadas às particularidades ambientais da Amazônia.

2.3.6. Sistema viário

O sistema viário é um dos principais elementos da infraestrutura urbana, pois organiza a circulação de pessoas e veículos (Figura 17) e serve de base para a implantação das demais redes de infraestrutura, como abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, energia elétrica e telecomunicações.

Além de possibilitar os deslocamentos, sua implantação influencia diretamente a forma de ocupação do solo, a distribuição das quadras e dos lotes e o desenvolvimento das áreas urbanas. De acordo com a ABNT NBR 16636, o sistema viário corresponde ao conjunto de vias classificadas e hierarquizadas conforme suas funções dentro da malha urbana (ABNT, 2020).

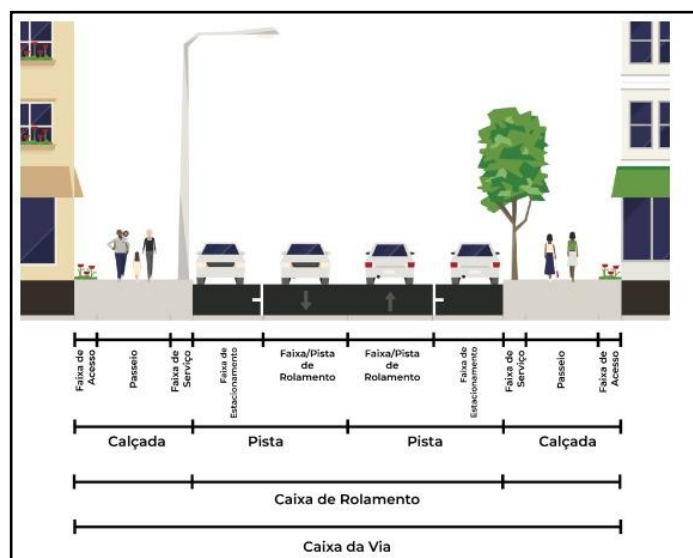
Figura 17- Princípio funcional de uma via



Fonte: Villaça (2001)

No processo de parcelamento do solo, o sistema viário assume papel fundamental, pois sua implantação antecede a definição das quadras e dos lotes. A Lei nº 6.766/1979 estabelece que o loteamento consiste na subdivisão de uma gleba mediante abertura, modificação ou prolongamento de vias de circulação, exigindo que o projeto urbanístico apresente o traçado das vias (Figura 18) articulado ao sistema viário existente, acompanhado dos respectivos perfis longitudinais e transversais compatíveis com a topografia da área (BRASIL, 1979).

Figura 18-Exemplo de composição de uma via



Fonte: Ituporanga (2021)

Além de organizar o parcelamento do solo, um sistema viário bem planejado contribui para o funcionamento eficiente da cidade. A hierarquização das vias permite distribuir melhor o tráfego, facilita o acesso aos equipamentos públicos e reduz conflitos entre os diferentes modos de transporte (ABNT, 2020). Da mesma forma, o planejamento urbano deve considerar o sistema viário como elemento estruturador da expansão urbana, orientando o crescimento da cidade para áreas com condições adequadas de infraestrutura e mobilidade (PIÉROLA; ALMEIDA, 2016; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2026).

O projeto geométrico das vias deve considerar as características naturais do terreno e as necessidades da futura ocupação urbana. Elementos como alinhamento, perfil longitudinal, seção transversal, largura da plataforma e greide influenciam diretamente a segurança da circulação, a estabilidade da via e o desempenho das demais infraestruturas urbanas (DNIT, 2010). Por esse motivo, a definição do traçado viário deve buscar reduzir movimentações excessivas de terra, adaptar-se ao relevo e favorecer a implantação das redes de infraestrutura, contribuindo para diminuir custos de execução e manutenção (DNIT, 2010; BRASIL, 1979).

Diante desse contexto, observa-se que o planejamento do sistema viário vai além da definição do traçado das ruas e da circulação de veículos, constituindo um dos principais instrumentos para orientar a ocupação de áreas de expansão urbana. Quando concebido de forma integrada ao relevo, ao uso do solo, à drenagem urbana e às demais

infraestruturas, o sistema viário contribui para reduzir impactos ambientais, melhorar a mobilidade, otimizar os custos de implantação e aumentar a eficiência da infraestrutura urbana (TUCCI, 2012; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2026).

Dessa forma, sua definição deve considerar não apenas as necessidades atuais de circulação, mas também as características físicas da área e o padrão de ocupação esperado, permitindo que o crescimento urbano ocorra de forma mais organizada, segura e sustentável (ABNT, 2020; BRASIL, 1979).

2.3.6.1. Pavimentação urbana

As vias urbanas constituem um dos principais elementos estruturadores do espaço urbano, uma vez que viabilizam a mobilidade de pessoas, mercadorias e serviços, além de promoverem a integração entre os diferentes setores da cidade. Por isso, a pavimentação representa uma intervenção que modifica a cobertura natural do solo, mas que se justifica pelos benefícios proporcionados à população, como a melhoria das condições de circulação, da segurança viária, da acessibilidade, da valorização imobiliária e da implantação de serviços públicos essenciais (CONFEA/CREA, 2005).

Entretanto, a execução de obras de pavimentação deve ser precedida por estudos técnicos capazes de garantir a viabilidade da intervenção e o adequado desempenho da infraestrutura ao longo de sua vida útil. Inicialmente, realiza-se o estudo de tráfego, responsável por estimar o volume e o tipo de veículos que utilizarão a via, permitindo definir sua classificação funcional e as cargas que atuarão sobre o pavimento. Em seguida, são desenvolvidos levantamentos topográficos, geotécnicos e hidrológicos, que fornecem informações sobre as características do terreno, do solo e do comportamento das águas superficiais, constituindo a base técnica para iniciar elaboração do projeto geométrico (CONFEA/CREA, 2005).

Com base nessas informações, é possível desenvolver o projeto de pavimentação, no qual é definido o tipo de revestimento, a estrutura do pavimento e as intervenções necessárias para adequação do terreno. Paralelamente, pode ser elaborado os projetos complementares de drenagem urbana, abastecimento de água, esgotamento sanitário, acessibilidade, infraestrutura cicloviária e sinalização viária, assegurando que todos os sistemas urbanos sejam implantados de forma integrada e compatível com as características da área de intervenção. (CONFEA/CREA, 2005).

A literatura técnica classifica os pavimentos, de forma geral, em estruturas flexíveis e rígidas, às quais podem ser associados diferentes tipos de revestimento superficial, como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), concreto de cimento Portland e blocos intertravados de concreto. A escolha da solução mais adequada depende das condições do subleito, do volume de tráfego, dos aspectos econômicos, das condições ambientais e das necessidades de manutenção previstas para a via, evidenciando que o tipo de pavimento deve ser definido a partir dos estudos realizados na fase de planejamento (CONFEA/CREA, 2005).

Entre as alternativas disponíveis, os pavimentos executados com blocos intertravados de concreto têm se destacado pela elevada durabilidade, facilidade de manutenção e versatilidade de aplicação, sendo amplamente empregados em vias urbanas de baixo e médio volume de tráfego. Segundo Silva (2023), esse sistema apresenta vantagens significativas em relação aos pavimentos convencionais, destacando-se a facilidade de remoção localizada para intervenções em redes subterrâneas, o reaproveitamento de aproximadamente 95% das peças durante manutenções e o reduzido custo de reparo. Embora o investimento inicial possa ser superior ao do pavimento asfáltico convencional, sua maior vida útil e os menores custos de manutenção tornam essa solução mais vantajosa sob a perspectiva do ciclo de vida da infraestrutura.

O dimensionamento de um pavimento intertravado inicia-se pela definição da classe funcional da via e do tráfego de projeto, parâmetros fundamentais para a determinação da estrutura do pavimento (Figura 19). A partir dessas informações, definem-se as espessuras das camadas estruturais, compostas por subleito, sub-base, base, camada de assentamento em areia e blocos intertravados de concreto. O subleito corresponde ao solo natural que servirá de apoio à estrutura, devendo apresentar capacidade de suporte compatível com as solicitações previstas. Para sua avaliação, são indispensáveis investigações geotécnicas, incluindo a determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR), ensaios de compactação, caracterização do teor de umidade e verificação da ocorrência de solos expansivos ou excessivamente saturáveis, informações que subsidiam o dimensionamento adequado das demais camadas do pavimento (CONFEA/CREA, 2005).

Figura 19-Estrutura do pavimento permeável

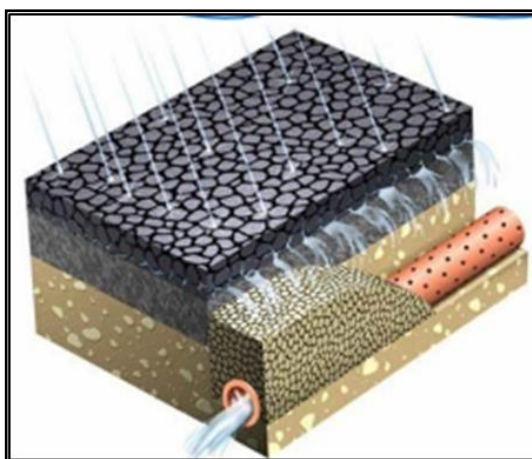


Fonte: Ferguson (2005)

Após a análise do subleito, define-se a estrutura do pavimento, composta, em geral, por subleito regularizado e compactado, sub-base granular, base granular, camada de assentamento em areia e blocos. A espessura de cada camada e o tipo de agregado deve ser definida conforme o tipo de tráfego, a capacidade de suporte do solo e as recomendações técnicas.

É importante lembrar da importância do estudo hidrológico, como já vimos anteriormente, pois é a partir dele que se obtém informações que impactam diretamente nesse tipo de estrutura, pois a presença de água reduz sua capacidade de suporte das camadas e pode comprometer o desempenho estrutural. Nesse sentido, deve-se avaliar o sistema de drenagem do pavimento (Figura 20), o qual, deve ser previstas camadas granulares com capacidade de armazenamento e infiltração, além de dispositivos que permitam o escoamento controlado.

Figura 20- Dispositivos pavimento permeável



Fonte: Unifap (2024)

Também é necessário definir as características dos blocos de concreto, incluindo espessura, resistência à compressão, formato, padrão de assentamento e tipo de junta. Para vias urbanas de tráfego leve a moderado, são comumente utilizados blocos com espessuras entre 6 cm e 8 cm, mas a definição final depende do tráfego previsto e do dimensionamento.

Por fim, o projeto deve prever controle executivo, incluindo compactação adequada do subleito e das camadas granulares, nivelamento da camada de assentamento, contenção lateral, preenchimento das juntas e compactação final dos blocos. Esses cuidados são essenciais para garantir o intertravamento, evitar deslocamentos das peças e aumentar a durabilidade do pavimento.

2.4. Uso e ocupação do solo em áreas de expansão urbana

O uso e a ocupação do solo constituem instrumentos fundamentais do planejamento urbano, pois orientam a forma como o território será organizado e disciplinam a implantação da infraestrutura necessária ao desenvolvimento das cidades. Portanto o Estatuto da Cidade estabelece que o planejamento das áreas de expansão urbana deve definir parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, além de prever diretrizes para infraestrutura, sistema viário, equipamentos públicos e proteção ambiental, buscando promover um crescimento urbano ordenado e a justa distribuição dos benefícios decorrentes da urbanização (BRASIL, 2001).

Essa organização do território também é reforçada pela Lei nº 6.766/1979, que determina que o parcelamento do solo para fins urbanos somente pode ocorrer em áreas urbanas ou de expansão urbana definidas pelo plano diretor ou por lei municipal. A legislação ainda estabelece restrições à ocupação de terrenos sujeitos a inundações, com elevada declividade, condições geológicas desfavoráveis ou localizados em áreas de preservação, além de exigir que as áreas destinadas ao sistema viário, aos equipamentos urbanos e aos espaços livres sejam proporcionais à densidade de ocupação prevista para a gleba (BRASIL, 1979).

Nesse sentido, Araújo. (2025) destacam que a urbanização acelerada e desordenada tem contribuído para a ocupação de áreas ambientalmente frágeis, elevando os riscos hidrológicos e ambientais nas cidades brasileiras (ARAÚJO et al., 2025). Da mesma forma, Tucci (2012) ressalta que o uso do solo constitui um dos principais fatores

condicionantes da drenagem urbana, devendo o planejamento territorial considerar os impactos futuros da impermeabilização sobre o sistema de escoamento das águas pluviais (TUCCI, 2012).

Sob essa perspectiva, o ordenamento territorial deve incorporar critérios técnicos capazes de compatibilizar a expansão urbana com as características naturais da bacia hidrográfica. Estudos desenvolvidos pelo IPT (2023) demonstram que a delimitação de planícies de inundação e de áreas suscetíveis a alagamentos constitui importante instrumento para orientar o crescimento das cidades, evitando a ocupação de setores naturalmente destinados ao armazenamento temporário das águas de cheia (IPT, 2023).

O mesmo manual recomenda que os instrumentos de planejamento urbano incentivem a adoção de técnicas capazes de recuperar parte do comportamento hidrológico natural das bacias, mediante a ampliação das áreas permeáveis, utilização de pavimentos permeáveis, incremento da cobertura vegetal e implantação de soluções que reduzam os efeitos da impermeabilização decorrente da urbanização.

Dessa forma, observa-se que o planejamento do uso e ocupação do solo constitui um dos principais instrumentos para orientar a expansão urbana de maneira ordenada, reduzindo conflitos entre a ocupação antrópica e as características naturais do território.

A definição prévia de diretrizes para o parcelamento do solo, associada ao reconhecimento das limitações ambientais e à implantação adequada da infraestrutura urbana, permite minimizar riscos, ampliar a eficiência dos investimentos públicos e promover melhores condições de habitabilidade (BRASIL, 1979; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2026).

Com base no que foi dito, a utilização de geotecnologias e de critérios técnicos para subsidiar o planejamento territorial torna-se uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão, contribuindo para a identificação de áreas mais adequadas à expansão urbana, tema que fundamenta a metodologia desenvolvida neste trabalho.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória, descritiva e de abordagem quali-quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso na área de expansão urbana denominada Nova Conquista, localizada no município de Oiapoque, estado do Amapá.

A pesquisa é considerada aplicada porque tem como finalidade produzir informações técnicas voltadas à solução de um problema concreto relacionado ao planejamento urbano e à implantação de infraestrutura em uma área de crescimento recente. Nesse sentido, o estudo não se limita à discussão teórica sobre expansão urbana, drenagem ou pavimentação, mas busca gerar subsídios práticos para a análise territorial, a identificação de condicionantes físicos e a proposição de diretrizes técnicas voltadas à ocupação urbana planejada.

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório, pois investiga uma área ainda em processo de consolidação urbana, com limitada disponibilidade de estudos técnicos sistematizados. A área de Nova Conquista é apresentada no próprio trabalho como uma das frentes recentes de crescimento urbano de Oiapoque, cuja ocupação se intensificou a partir de 2018. Dessa forma, a investigação busca compreender as características físicas, ambientais e territoriais que condicionam sua ocupação.

Além disso, a pesquisa também é descritiva, pois realiza a caracterização espacial da área estudada, descrevendo aspectos como relevo, altimetria, declividade, hidrografia, drenagem superficial, uso e ocupação do solo, sistema viário existente, áreas ambientalmente protegidas e áreas com maior ou menor aptidão à intervenção urbana. Essa descrição é realizada com apoio de produtos cartográficos, ortofotos, modelos digitais de elevação, bases vetoriais oficiais e dados processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica.

A abordagem metodológica é quali-quantitativa. O componente qualitativo está presente na interpretação visual das imagens, na análise da dinâmica de ocupação urbana, na identificação de padrões espaciais, na leitura técnica do relevo e na avaliação das restrições ambientais e territoriais. O componente quantitativo manifesta-se no cálculo de áreas, na extração de cotas altimétricas, na análise de declividades, na delimitação de faixas

de preservação permanente, na vetorização de elementos espaciais, na mensuração do polígono de intervenção e na organização de dados georreferenciados.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa configura-se como um estudo de caso, uma vez que se concentra na análise detalhada de uma área específica: a expansão urbana de Nova Conquista, em Oiapoque/AP. Essa estratégia permite compreender as particularidades locais do processo de ocupação e sua relação com os condicionantes físicos do terreno, especialmente aqueles associados à drenagem urbana, à implantação do sistema viário e à futura pavimentação.

A escolha metodológica fundamenta-se no uso integrado de geotecnologias, considerando que o próprio estudo tem como objetivo analisar a expansão urbana e os condicionantes físicos da área por meio de técnicas de geoprocessamento. O trabalho já estabelece como problema de pesquisa a investigação de como as geotecnologias podem contribuir para a análise da expansão urbana e para a identificação de condicionantes físicos relevantes ao planejamento da drenagem e da pavimentação.

Para isso, foram utilizados produtos de aerolevantamento, ortofotos, modelos digitais de elevação, bases hidrográficas, dados vetoriais oficiais e camadas produzidas durante o desenvolvimento da pesquisa. O processamento e a análise espacial foram realizados predominantemente no software QGIS, em ambiente SIG, com apoio do *Agisoft Metashape Professional* para o processamento fotogramétrico das imagens aéreas.

Assim, a metodologia adotada buscou integrar diferentes fontes de dados espaciais em uma sequência lógica de trabalho, composta por levantamento, organização, tratamento, análise e interpretação das informações geográficas. Essa integração permitiu identificar áreas com maior potencial técnico para ocupação, setores com restrições ambientais ou topográficas, direções preferenciais de escoamento superficial, elementos do sistema viário existente e condicionantes relevantes para a formulação de diretrizes preliminares de infraestrutura urbana.

Portanto, a pesquisa assume caráter técnico-aplicado, utilizando as geotecnologias como instrumentos de apoio ao planejamento urbano e à Engenharia. Seu propósito principal é produzir um diagnóstico territorial capaz de subsidiar decisões futuras relacionadas à ocupação ordenada da área de Nova Conquista, contribuindo para a definição

de diretrizes de drenagem, sistema viário e pavimentação compatíveis com as características físicas e ambientais do território.

3.2. Área de estudo

O município de Oiapoque localiza-se no extremo norte do estado do Amapá, constituindo a sede do município brasileiro mais setentrional do país e exercendo importante função geopolítica por estabelecer a fronteira terrestre entre o Brasil e a Guiana Francesa. Além de sua posição estratégica na integração internacional, o município apresenta relevância regional em razão de sua influência sobre as atividades comerciais, logísticas e institucionais desenvolvidas na faixa de fronteira.

Nas últimas décadas, Oiapoque experimentou significativo crescimento populacional e expansão de sua malha urbana. Esse processo ocorreu em função de diversos fatores, entre os quais destacam-se a intensificação das atividades econômicas, o fortalecimento das relações transfronteiriças com a Guiana Francesa, a implantação de novos equipamentos públicos e a crescente expectativa de desenvolvimento regional associada aos investimentos previstos para a Margem Equatorial brasileira. Como consequência, novas áreas passaram a ser incorporadas ao tecido urbano, promovendo o surgimento de bairros periféricos e a ampliação das zonas de expansão definidas pelo planejamento municipal.

A análise histórica da evolução urbana demonstra que o crescimento territorial de Oiapoque ocorreu de forma gradual ao longo do século XX, apresentando maior intensidade a partir das últimas décadas. Conforme ilustrado no mapa 7, a expansão urbana avançou progressivamente sobre áreas anteriormente ocupadas por vegetação, formando novas frentes de urbanização. Observa-se que as ocupações mais antigas se concentram na porção central do município, enquanto os setores incorporados mais recentemente localizam-se predominantemente nas extremidades da malha urbana.

Entre essas áreas destaca-se a região denominada Nova Conquista, inserida na zona de expansão urbana mais recente do município. De acordo com a análise temporal realizada nesta pesquisa, essa região passou a apresentar crescimento mais acelerado a partir de 2018, caracterizando-se pela implantação progressiva de novas ocupações, abertura de vias vicinais e expansão da ocupação sobre áreas anteriormente não urbanizadas. A configuração atual evidencia um território ainda em processo de consolidação, no qual

coexistem áreas ocupadas, lotes vagos, remanescentes de vegetação, cursos d'água naturais e espaços ainda disponíveis para futura expansão.

Sob a perspectiva do planejamento urbano, áreas com essas características representam oportunidade para a implantação antecipada de infraestrutura, reduzindo custos futuros de regularização e permitindo que a ocupação ocorra de forma mais compatível com as condições naturais do terreno. Em razão dessas características, a região de Nova Conquista foi selecionada como objeto deste estudo, sendo descrita detalhadamente no item seguinte.

3.2.1. Área em expansão - Nova Conquista

A área selecionada para desenvolvimento desta pesquisa corresponde a um setor localizado na região de expansão urbana denominada Nova Conquista, situada na porção sul da malha urbana do município de Oiapoque/AP. A escolha desse recorte territorial não ocorreu de forma aleatória, mas resultou de uma análise técnica preliminar que considerou aspectos relacionados ao processo de expansão urbana, às características geomorfológicas da área, à disponibilidade de espaço para crescimento urbano e à existência de condicionantes ambientais relevantes ao planejamento da infraestrutura.

Inicialmente, foi realizada uma avaliação da evolução da expansão urbana do município utilizando bases cartográficas, imagens de satélite e ortofotos, permitindo identificar os diferentes períodos de ocupação da cidade. A partir dessa análise temporal, verificou-se que a região de Nova Conquista representa atualmente uma das principais frentes de crescimento urbano de Oiapoque, concentrando áreas ainda pouco ocupadas, porém com elevado potencial para futura consolidação urbana.

A definição da área de estudo buscou selecionar um recorte que representasse adequadamente essa dinâmica de expansão. Para isso, foi delimitado um polígono com aproximadamente 2,4 km², abrangendo setores ocupados, áreas ainda não parceladas, trechos com vegetação remanescente, cursos d'água naturais, vias existentes e espaços potencialmente destinados à implantação de infraestrutura urbana. A escolha desse polígono também considerou critérios técnicos relacionados às condições físicas do terreno. Procurou-se selecionar uma área suficientemente extensa para permitir análises hidrológicas, altimétricas e urbanísticas integradas, mas que permanecesse compatível com

a escala do estudo e com o nível de detalhamento proporcionado pelos produtos cartográficos utilizados.

Antes do desenvolvimento das análises espaciais propriamente ditas, foi realizado um levantamento preliminar das principais características da área. Essa etapa compreendeu a organização das bases cartográficas oficiais, obtenção de modelos digitais de elevação, processamento da ortofoto de alta resolução, análise inicial do relevo, identificação visual dos cursos d'água, reconhecimento das vias existentes e avaliação da ocupação atual do solo. Essas informações forneceram a base necessária para o planejamento das etapas metodológicas subsequentes.

As observações iniciais evidenciaram que a área apresenta ocupação predominantemente dispersa, com baixa densidade habitacional, coexistindo lotes ocupados, áreas livres, vegetação nativa, pequenos cursos d'água, áreas sazonalmente úmidas e uma malha viária formada principalmente por vias vicinais não pavimentadas. Essa configuração caracteriza uma área típica de transição entre o ambiente natural e o espaço urbano em consolidação, condição frequentemente observada em novas frentes de expansão urbana da Amazônia.

Outro aspecto que motivou sua seleção foi a presença de condicionantes ambientais relevantes ao planejamento urbano. A existência de cursos d'água naturais, áreas de preservação permanente, pequenas variações altimétricas e diferentes padrões de drenagem superficial permitiu desenvolver uma metodologia baseada na integração entre informações ambientais, topográficas e urbanísticas, possibilitando avaliar a influência desses fatores na definição das áreas mais adequadas à futura ocupação.

A partir dessa caracterização preliminar, iniciou-se a etapa de aquisição, processamento e análise dos dados geoespaciais, envolvendo produtos de aerofotogrametria, modelos digitais de elevação, imagens SRTM, bases hidrográficas oficiais e técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG. Esses procedimentos permitiram compreender detalhadamente o comportamento físico da área e subsidiaram a delimitação das áreas potencialmente aptas à implantação da infraestrutura urbana proposta neste estudo.

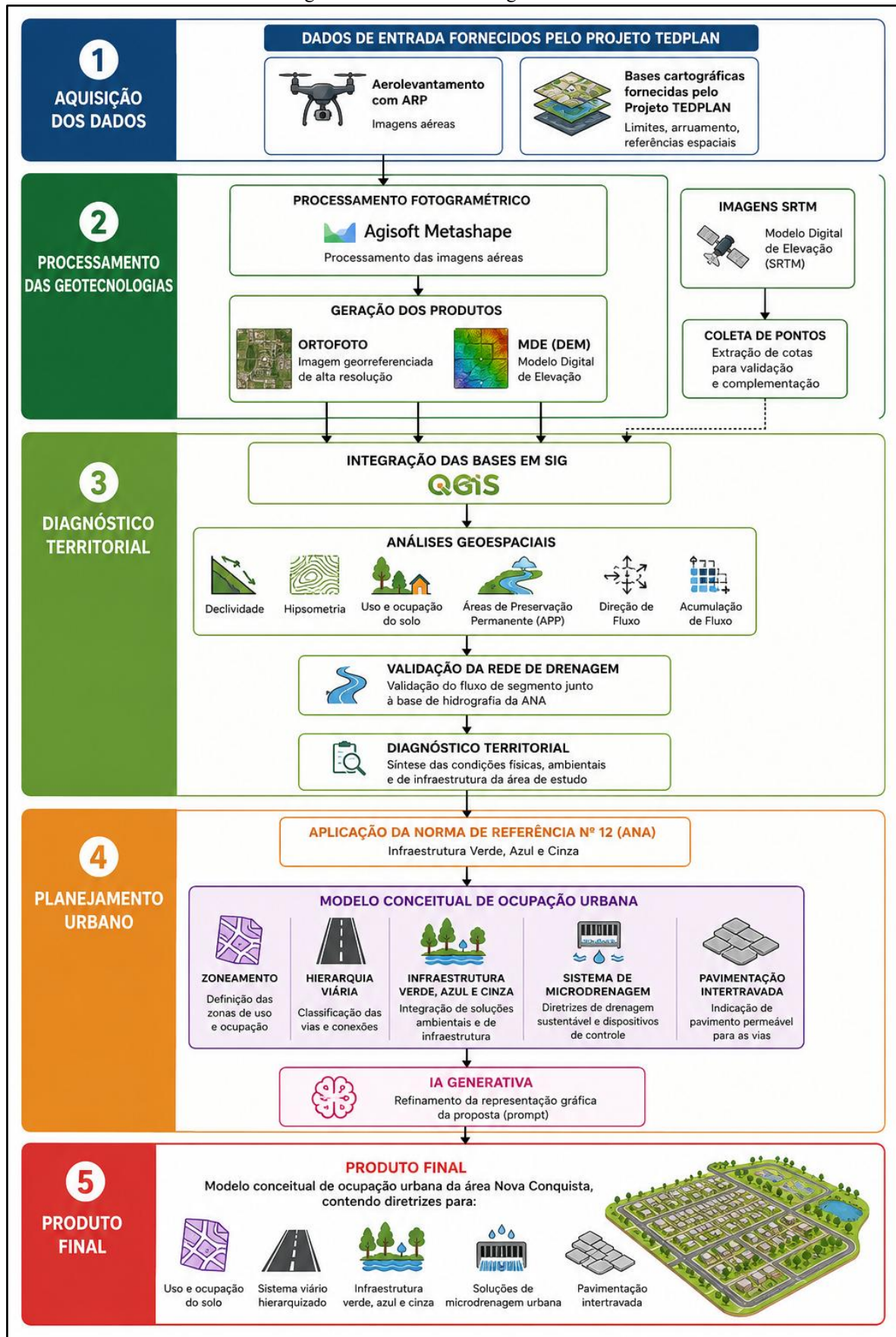
3.3. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa foram estruturados com o objetivo de permitir a análise integrada da expansão urbana, das características topográficas, da drenagem natural e das áreas potencialmente aptas à implantação de infraestrutura urbana na região de Nova Conquista, em Oiapoque/AP. A metodologia foi organizada em etapas sucessivas, partindo da obtenção dos dados primários e secundários, passando pelo processamento fotogramétrico, tratamento das bases altimétricas, organização do banco de dados geográfico, geração de produtos cartográficos no QGIS e posterior integração dos resultados para definição das áreas com maior potencial técnico para intervenção urbana.

A Figura 21 a seguir apresenta, de forma esquemática, o fluxo metodológico adotado nesta pesquisa, sintetizando as principais etapas desenvolvidas desde a aquisição dos dados, processamento fotogramétrico e organização das bases cartográficas, até as análises espaciais em ambiente SIG, delimitação das áreas aptas à intervenção urbana e elaboração das diretrizes técnicas para drenagem, sistema viário e pavimentação.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, algumas etapas metodológicas foram aperfeiçoadas em decorrência da validação dos produtos gerados. O Modelo Digital de Elevação (MDE) inicialmente obtido por meio do processamento fotogramétrico apresentou inconsistências altimétricas em determinados pontos da área de estudo, motivo pelo qual foi substituído por uma nova base de elevação construída a partir de dados SRTM. Após essa adequação, as informações foram integradas ao ambiente SIG, possibilitando a execução das análises geoespaciais que subsidiaram o diagnóstico territorial e a proposição das diretrizes de ocupação urbana apresentadas neste trabalho.

Figura 21- Fluxo metodológico adotado



Fonte: Adaptado OPENAI. (2026)

A sequência metodológica adotada buscou garantir rastreabilidade ao processo de análise, permitindo que cada produto cartográfico gerado pudesse ser relacionado ao procedimento técnico que lhe deu origem. Dessa forma, a metodologia não se limitou à produção de mapas finais, mas contemplou a descrição detalhada dos procedimentos executados, dos softwares utilizados, das bases de dados adotadas e da finalidade técnica de cada etapa.:

3.3.1. Processamento aerofotogramétrico no *Agisoft Metashape*

O primeiro conjunto de dados utilizado na pesquisa correspondeu aos produtos derivados do aerolevantamento realizado na área de estudo. O processamento das imagens aéreas foi executado no software *Agisoft Metashape Professional*, versão 1.8.2, ambiente utilizado para transformação das fotografias obtidas por Aeronave Remotamente Pilotada em produtos cartográficos georreferenciados.

O processamento aerofotogramétrico seguiu o fluxo de trabalho padrão do software, composto pelas etapas de adição das fotografias, alinhamento das imagens, geração da nuvem de pontos, construção do modelo digital de elevação e geração do ortomosaico. Cada etapa possui função específica na reconstrução espacial da área levantada.

a) Adição das fotografias aéreas

Inicialmente, as fotografias obtidas no aerolevantamento foram inseridas no projeto por meio da ferramenta “Adicionar Fotos”. Essa etapa corresponde à formação do bloco fotogramétrico inicial, no qual o software reconhece as imagens, seus metadados e as informações associadas à câmera utilizada.

A importância dessa etapa está relacionada à organização inicial do levantamento. A correta importação das fotografias permite que o software identifique a sequência das imagens, seus parâmetros aproximados de posição e altitude, bem como as condições necessárias para iniciar o processo de alinhamento. No presente estudo, foram utilizadas 2.668 fotografias aéreas, das quais 2.592 foram posteriormente alinhadas no processamento.

b) Alinhamento das imagens

Após a inserção das fotografias, foi executado o comando “Alinhar Fotos”. Essa etapa é uma das mais importantes do processamento fotogramétrico, pois o software identifica pontos homólogos entre imagens sobrepostas, denominados pontos de amarração.

Esses pontos correspondem a feições reconhecidas em mais de uma fotografia, permitindo ao software calcular a posição relativa das câmeras e reconstruir preliminarmente a geometria tridimensional da área. Em outras palavras, o alinhamento transforma um conjunto de fotografias isoladas em um bloco espacialmente coerente.

No processamento realizado, o alinhamento resultou em 6.871.291 pontos de amarração. Esse resultado indicou boa correspondência entre as imagens e possibilitou a continuidade do fluxo de processamento. A etapa foi essencial para garantir que os produtos finais, especialmente o ortomosaico e o modelo digital de elevação, apresentassem coerência geométrica.

c) Geração da nuvem densa de pontos

Após o alinhamento, a etapa seguinte consistiu na geração da nuvem densa de pontos, por meio da ferramenta “*Build Dense Cloud*”. Diferentemente dos pontos de amarração, que servem principalmente para orientar as imagens, a nuvem densa representa com maior detalhamento a superfície observada.

Essa nuvem contém grande quantidade de pontos tridimensionais distribuídos sobre o terreno, vegetação, edificações, vias e demais elementos presentes na área fotografada. Sua função é fornecer uma base espacial mais detalhada para a construção dos modelos digitais e demais produtos derivados.

A geração da nuvem densa é importante porque melhora a representação da superfície e permite maior detalhamento das feições existentes. Em áreas de expansão urbana, esse produto auxilia na leitura de elementos como vias abertas, áreas de ocupação, vegetação densa, terrenos desmatados, canais aparentes e diferenças altimétricas locais.

d) Construção do modelo

Na sequência, foi utilizada a etapa de construção do modelo tridimensional. Essa fase permite ao software estruturar uma representação espacial da área a partir da nuvem de pontos gerada. Embora o foco desta pesquisa não tenha sido a modelagem

tridimensional urbana, essa etapa contribuiu para a consolidação da geometria espacial do levantamento e para a geração dos produtos *raster* posteriores.

O modelo tridimensional tem importância principalmente na organização da superfície reconstruída, permitindo melhor representação dos objetos e do terreno. No contexto deste trabalho, essa etapa serviu como base intermediária para obtenção do Modelo Digital de Elevação e do ortomosaico.

e) Geração do Modelo Digital de Elevação

Posteriormente, foi executada a ferramenta “*Build DEM*”, destinada à geração do Modelo Digital de Elevação. O DEM representa a variação altimétrica da superfície capturada pelo aerolevanteamento, permitindo identificar diferenças de cota, áreas mais elevadas, setores deprimidos e possíveis caminhos preferenciais do escoamento superficial.

No presente trabalho, o DEM gerado pelo *Metashape* apresentou resolução de 55,2 cm/pixel. Esse produto foi utilizado como base de apoio para interpretação geral da superfície obtida por aerofotogrametria. Entretanto, para determinadas análises altimétricas complementares, especialmente aquelas voltadas à geração de pontos cotados e integração com o Civil 3D, também foi utilizada a base SRTM 30 m, por apresentar comportamento mais adequado à leitura geral do relevo na escala adotada.

f) Geração do ortomosaico

A etapa final do processamento consistiu na geração do ortomosaico, por meio da ferramenta “*Build Orthomosaic*”. O ortomosaico corresponde à imagem resultante da união e correção geométrica das fotografias aéreas, reduzindo efeitos de perspectiva, inclinação da câmera e deslocamentos relativos entre imagens.

O ortomosaico gerado apresentou dimensões de 49.672 x 139.957 pixels e resolução espacial de 3,06 cm/pixel. Esse produto foi fundamental para a pesquisa, pois possibilitou a interpretação visual detalhada da área de estudo.

A partir dele, foi possível identificar e vetorizar elementos como vias vicinais, áreas abertas, vegetação densa, cursos d’água aparentes, limites de ocupação, áreas com solo exposto, clareiras e demais feições relevantes à análise da expansão urbana. Por apresentar alta resolução espacial, o ortomosaico constituiu a principal base para a vetorização manual realizada no QGIS.

Quadro 1-Fluxo de processamento no Agisoft Metashape

Etapas	Ferramenta utilizada	Produto gerado	Finalidade técnica
1	Adicionar Fotos	Bloco inicial de imagens	Inserir as fotografias aéreas no projeto fotogramétrico
2	Alinhar Fotos	Câmeras alinhadas e pontos de amarração	Reconstruir a posição relativa das imagens
3	Build Dense Cloud	Nuvem densa de pontos	Representar a superfície da área com maior detalhamento
4	Construir Modelo	Modelo tridimensional	Estruturar a geometria espacial da área levantada
5	Build DEM	Modelo Digital de Elevação	Representar as variações altimétricas da superfície
6	Build Orthomosaic	Ortomosaico georreferenciado	Servir de base para interpretação visual e vetorização

Fonte: Autor (2026)

O fluxo de processamento apresentado no Quadro 1 sintetiza as principais etapas executadas no *Agisoft Metashape* para obtenção dos produtos fotogramétricos utilizados nesta pesquisa. Cada procedimento desempenha função específica na reconstrução espacial da área de estudo, desde o alinhamento das imagens até a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) e do ortomosaico. Esses produtos constituíram a base cartográfica utilizada nas etapas subsequentes de interpretação visual, vetorização, análises espaciais e delimitação das áreas aptas à implantação do loteamento.

3.3.2. Aquisição da imagem SRTM 30 m

Além dos produtos aerofotogramétricos, foi utilizada imagem SRTM com resolução espacial aproximada de 30 m. A base SRTM foi empregada como fonte altimétrica complementar, especialmente para análise geral do relevo, geração de declividade, interpretação hipsométrica e apoio à identificação de linhas preferenciais de drenagem.

A escolha do SRTM justifica-se por se tratar de uma base altimétrica de cobertura ampla, adequada para estudos preliminares de relevo, planejamento territorial e análises ambientais em escala municipal ou de expansão urbana. Embora apresente resolução inferior à ortofoto gerada por drone, o SRTM oferece uma superfície altimétrica contínua e compatível com procedimentos de análise hidrológica em ambiente SIG.

O arquivo SRTM foi obtido em plataforma de dados altimétricos, do *USGS EarthExplorer*, por meio da seleção da área correspondente ao município de Oiapoque/AP. A base SRTM de 1 arco-segundo corresponde aproximadamente a 30 m de resolução espacial e é amplamente disponibilizada para uso em Sistemas de Informação Geográfica. O procedimento de obtenção da imagem SRTM pode ser descrito da seguinte forma, vide Quadro 2 abaixo:

Quadro 2-Fluxo de obtenção da imagem SRTM

Etapa	Procedimento	Finalidade
1	Acessar a plataforma de dados altimétricos USGS	Localizar a base SRTM disponível para download
2	Pesquisar a região de interesse, no caso Oiapoque/AP	Posicionar o mapa na área de estudo
3	Delimitar a área de interesse por polígono, coordenadas ou retângulo de busca	Restringir o download à região necessária
4	Selecionar o produto SRTM 30 m	Definir a base altimétrica compatível com a análise
5	Escolher o formato de saída, preferencialmente GeoTIFF	Garantir compatibilidade com o QGIS
6	Executar o download do raster	Obter o Modelo Digital de Elevação
7	Inserir o arquivo no QGIS	Iniciar o tratamento cartográfico e espacial

Fonte: Autor (2026)

Conforme sintetizado no Quadro 2, a obtenção da imagem SRTM envolveu uma sequência de procedimentos destinados a assegurar a qualidade e a compatibilidade dos dados altimétricos utilizados na pesquisa. O tratamento realizado em ambiente SIG, incluindo a reprojeção cartográfica e o recorte da área de estudo, possibilitou a geração de uma base altimétrica consistente, empregada nas análises de relevo, modelagem hidrológica e apoio à delimitação das áreas aptas à implantação do loteamento.

3.3.3. Tratamento inicial da imagem SRTM no QGIS

Após sua aquisição, a imagem SRTM foi tratada no QGIS, com o objetivo de adequá-la ao sistema cartográfico do projeto e restringi-la ao recorte espacial da área de estudo.

O primeiro procedimento consistiu na inserção do raster no projeto. Para isso, foi utilizada a ferramenta “Adicionar camada raster”, selecionando-se o arquivo SRTM baixado em formato GeoTIFF. Em seguida, realizou-se a conferência visual da sobreposição entre o raster e as demais camadas do projeto, especialmente o limite do município, o polígono da área de estudo e a ortofoto. Caso o raster apresentasse sistema de coordenadas diferente do projeto, foi realizada a reprojeção. No QGIS, esse procedimento foi executado pela ferramenta “Reprojetar camada” ou “*Warp/Reproject*”. Como camada de entrada, selecionou-se o raster SRTM original. Como sistema de referência de destino, adotou-se EPSG:31976 — SIRGAS 2000 / UTM Zona 22N.

Após a reprojeção, foi realizado o recorte do raster pela área de interesse. Esse procedimento foi feito pela ferramenta “Recortar raster pela camada máscara”. Como camada raster de entrada, utilizou-se o SRTM reprojetado. Como camada máscara, foi selecionado o polígono da área de estudo. O resultado foi um novo raster contendo apenas a área necessária às análises. Esse recorte foi importante porque reduziu o tamanho do arquivo, facilitou o processamento e evitou interferência de áreas externas ao polígono analisado. A partir desse raster recortado foram produzidos os mapas de declividade, os produtos de análise hidrológica e a extração de cotas altimétricas. Segue fluxo descritivo no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3-Tratamento inicial do SRTM no QGIS

Etapa	Caminho no QGIS	Entrada	Saída	Finalidade
1	Camada > Adicionar Camada > Adicionar Raster	SRTM original	Raster inserido no projeto	Visualizar a base altimétrica
2	Raster > Projeções > Reprojetar	SRTM original	SRTM em EPSG:31976	Compatibilizar com o projeto
3	Raster > Extração > Recortar pela camada máscara	SRTM reprojetado + polígono da área	SRTM recortado	Limitar a análise à área de estudo
4	Propriedades da camada > Simbologia	SRTM recortado	Raster classificado	Melhorar a interpretação visual
5	Salvar como GeoTIFF	Raster tratado	Arquivo final organizado	Preservar o produto tratado

Fonte: Autor (2026)

Conforme apresentado no Quadro 3, o tratamento inicial do Modelo Digital de Elevação compreendeu procedimentos de inserção, reprojeção, recorte e organização

cartográfica do raster SRTM no ambiente QGIS. Essas etapas tiveram como finalidade padronizar a base altimétrica ao sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM Zona 22 Norte (EPSG:31976), restringindo sua abrangência à área de estudo e garantindo a compatibilidade espacial necessária para o desenvolvimento das análises topográficas, hidrológicas e ambientais realizadas nas etapas subsequentes da pesquisa.

3.3.4. Geração do mapa de declividade a partir do Modelo Digital de Elevação (SRTM)

Após a obtenção, reprojeção e recorte do Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), iniciou-se a etapa de caracterização geomorfológica da área de estudo por meio da elaboração do mapa de declividade. A declividade representa a taxa de variação da altitude em relação à distância horizontal e constitui um dos principais parâmetros utilizados em estudos de planejamento urbano, drenagem superficial, engenharia rodoviária, parcelamento do solo e ocupação territorial.

Sua utilização nesta pesquisa teve como objetivo identificar áreas com diferentes níveis de inclinação do terreno, permitindo reconhecer setores mais favoráveis à implantação de infraestrutura urbana e áreas que apresentam maior suscetibilidade ao escoamento superficial concentrado ou à necessidade de intervenções de terraplenagem.

Embora o relevo do município de Oiapoque apresente, de forma geral, pequenas amplitudes altimétricas, diferenças de poucos metros podem alterar significativamente o comportamento hidrológico da superfície. Em regiões amazônicas, caracterizadas por extensas áreas de relevo suavemente ondulado e elevada precipitação pluviométrica, a compreensão da declividade torna-se indispensável para o planejamento da drenagem urbana.

A geração do mapa de declividade foi realizada utilizando as ferramentas nativas do QGIS, por meio da Caixa de Ferramentas de Processamento (*Processing Toolbox*), que integra algoritmos das bibliotecas GDAL e SAGA GIS.

Inicialmente, foi carregado no projeto o raster correspondente ao Modelo Digital de Elevação SRTM já reprojetado para o sistema SIRGAS 2000 / UTM Zona 22 Norte e previamente recortado conforme o polígono da área de estudo.

Na sequência, acessou-se a Caixa de Ferramentas de Processamento, localizada no menu Processamento → Caixa de Ferramentas. Dentro do grupo de algoritmos GDAL, foi utilizada a ferramenta *Slope*, destinada ao cálculo da declividade a partir de modelos digitais de elevação.

Como raster de entrada, selecionou-se o MDE da área de estudo. A ferramenta calcula automaticamente a variação altimétrica existente entre células vizinhas, gerando um novo raster no qual cada pixel passa a representar a inclinação correspondente daquele ponto do terreno. Durante o processamento, optou-se pela geração da declividade em graus, uma vez que essa unidade proporciona melhor interpretação geomorfológica e é amplamente utilizada em estudos de engenharia e geoprocessamento. Entretanto, a ferramenta também permite gerar a declividade em percentual, quando necessário. Após a execução do algoritmo, foi produzido um novo raster representando a declividade da superfície.

Concluída a geração do raster, procedeu-se à classificação temática da declividade. No QGIS, acessou-se: Propriedades da Camada → Simbologia → Banda Única Pseudocor

Foi utilizada classificação graduada em cinco intervalos de declividade, permitindo distinguir visualmente áreas planas, suavemente inclinadas e setores relativamente mais íngremes. A simbologia foi organizada de forma crescente, utilizando cores frias para menores declividades e cores quentes para maiores inclinações, facilitando a interpretação visual dos resultados.

O mapa obtido permitiu identificar que a maior parte da área apresenta relevo plano ou suavemente ondulado, porém com pequenas variações suficientes para alterar o comportamento do escoamento superficial. Essas informações foram posteriormente utilizadas como um dos critérios para seleção preliminar das áreas mais favoráveis à implantação da proposta urbanística. O Quadro 4 abaixo representa o caminho utilizado para obtenção da declividade:

Quadro 4-Procedimento para geração do mapa de declividade

Etapa	Ferramenta	Caminho no QGIS	Produto
Inserção do MDE	Adicionar Raster	Camada → Adicionar Camada Raster	MDE carregado
Processamento	Slope (GDAL)	Processing Toolbox → GDAL → Raster Analysis → Slope	Raster de Declividade
Classificação	Banda Única Pseudocor	Propriedades → Simbologia	Mapa Temático
Exportação	Salvar Raster	Botão direito → Exportar	Raster Final

Fonte: Autor (2026)

A elaboração do mapa de declividade constituiu etapa fundamental da pesquisa por fornecer uma representação quantitativa da inclinação do terreno. Enquanto a hipsometria informa apenas a altitude absoluta dos diferentes setores da área, a declividade permite compreender a facilidade com que as águas pluviais podem escoar superficialmente.

Além disso, áreas excessivamente planas tendem a apresentar menor velocidade de escoamento, favorecendo o acúmulo de água durante eventos intensos de precipitação. Em contrapartida, áreas com maiores inclinações podem exigir cortes, aterros e obras complementares para implantação da infraestrutura urbana. Assim, o mapa de declividade foi utilizado como um dos principais produtos de apoio à definição das áreas potencialmente aptas à ocupação.

3.3.5. Correção hidrológica do Modelo Digital de Elevação (*Fill Sinks*)

Embora o Modelo Digital de Elevação represente adequadamente o relevo regional, é comum que esses produtos apresentem pequenas imperfeições decorrentes do processo de aquisição dos dados ou da própria resolução espacial utilizada.

Essas imperfeições manifestam-se principalmente sob a forma de depressões artificiais, conhecidas na literatura como *sinks*. Essas depressões não representam necessariamente feições reais do terreno, podendo ser originadas por ruídos do sensor, limitações de interpolação ou inconsistências do modelo altimétrico.

Caso não sejam corrigidas, essas pequenas depressões interrompem artificialmente o fluxo da água, impedindo que os algoritmos hidrológicos identifiquem corretamente a direção natural do escoamento superficial. Por esse motivo, antes da geração da direção de fluxo, realizou-se a correção hidrológica do Modelo Digital de Elevação. O procedimento foi realizado utilizando a biblioteca SAGA GIS, integrada ao QGIS. Foi utilizada a ferramenta: *Processing Toolbox* → *SAGA* → *Terrain Analysis – Hydrology* → *Fill Sinks* (Wang & Liu)

Optou-se pelo algoritmo desenvolvido por Wang e Liu por apresentar melhor desempenho em áreas de relevo plano, condição característica da área estudada. Como raster de entrada, selecionou-se o Modelo Digital de Elevação SRTM previamente reprojetoado. Entre os parâmetros configurados, merece destaque o parâmetro *Minimum Slope*, responsável por estabelecer uma declividade mínima artificial entre células vizinhas.

Na presente pesquisa foi adotado o valor de 0,01, evitando a criação de superfícies completamente horizontais e permitindo que os algoritmos hidrológicos identifiquem um caminho preferencial de escoamento. Esse parâmetro mostrou-se particularmente importante na área estudada, onde pequenas diferenças altimétricas exercem forte influência sobre o comportamento da drenagem. Após a execução do algoritmo foi produzido um novo *raster* denominado DEM Corrigido, livre das depressões artificiais que poderiam comprometer as análises hidrológicas posteriores, vide Quadro 5:

Quadro 5- Correção hidrológica do MDT

Etapa	Ferramenta	Caminho
Entrada	Modelo Digital de Elevação	Raster SRTM
Ferramenta	Fill Sinks (Wang & Liu)	SAGA → Terrain Analysis
Minimum Slope	0,01	Definido pelo pesquisador
Produto	DEM Corrigido	Base para análises hidrológicas

Fonte: Autor (2026)

A utilização do algoritmo *Fill Sinks* garantiu que o fluxo superficial calculado nas etapas seguintes refletisse de maneira mais fiel o comportamento natural do terreno. Sem essa etapa, diversas linhas de drenagem poderiam ser interrompidas artificialmente, comprometendo a identificação dos canais naturais e reduzindo a confiabilidade das

análises hidrológicas. Por essa razão, a correção hidrológica é considerada procedimento indispensável antes da geração da direção de fluxo.

3.3.6. Geração da direção de fluxo

Concluída a correção hidrológica do Modelo Digital de Elevação, iniciou-se a etapa de determinação da direção preferencial do escoamento superficial. A direção de fluxo representa o caminho teoricamente percorrido pela água sobre a superfície do terreno, considerando apenas a ação da gravidade.

Para cada célula do modelo digital, o algoritmo identifica qual das oito células vizinhas apresenta a maior diferença negativa de altitude, direcionando o escoamento para esse ponto. Esse método, conhecido como algoritmo D8 (*Deterministic Eight Neighbours*), constitui o procedimento hidrológico mais amplamente utilizado em Sistemas de Informação Geográfica. No QGIS, a direção de fluxo foi gerada utilizando a ferramenta (Quadro 6): *Processing Toolbox* → *SAGA* → *Terrain Analysis – Hydrology* → *Flow Accumulation (Top-Down)*

Como entrada foi utilizado o DEM previamente corrigido pelo algoritmo Fill Sinks. Durante o processamento, o algoritmo produz simultaneamente diferentes produtos hidrológicos, dentre eles:

- Direção de Fluxo;
- Área de Contribuição;
- Acumulação de Fluxo.

Nesta etapa, foi armazenado especificamente o raster correspondente à direção do fluxo superficial. Cada pixel passou a conter um código numérico indicando para qual direção a água tenderia a escoar. Esse raster não possui interpretação visual intuitiva, mas constitui a base matemática para geração das linhas naturais de drenagem.

Quadro 6-Geração da direção de fluxo

Entrada	Ferramenta	Produto
DEM Corrigido	Flow Accumulation (Top-Down)	Raster Direção de Fluxo

Fonte: Autor (2026)

3.3.7. Geração da acumulação de fluxo

Após a correção hidrológica do Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio da ferramenta *Fill Sinks* (Wang & Liu) e da determinação da direção preferencial do escoamento superficial, procedeu-se à geração do mapa de acumulação de fluxo (*Flow Accumulation*), etapa fundamental para a identificação das áreas de concentração natural das águas pluviais. A acumulação de fluxo corresponde ao número de células do modelo digital de elevação que contribuem hidrológicamente para uma determinada célula da superfície. Em termos práticos, esse produto representa a área de contribuição de montante para cada ponto do terreno, permitindo identificar os locais onde há maior concentração do escoamento superficial e, conseqüentemente, maior probabilidade de formação de canais naturais, talwegues, drenagens temporárias e cursos d'água permanentes.

Sob o ponto de vista hidrológico, esse procedimento baseia-se no princípio da conservação do fluxo superficial. O algoritmo percorre sucessivamente todas as células do modelo digital, contabilizando quantas contribuem para determinada posição da superfície, de acordo com a direção de fluxo previamente calculada. Assim, células situadas em divisores de água apresentam baixos valores de acumulação, enquanto aquelas localizadas em fundos de vale ou canais naturais apresentam valores significativamente mais elevados.

No presente estudo, a geração da acumulação de fluxo foi realizada no ambiente QGIS utilizando as ferramentas hidrológicas da biblioteca SAGA GIS, integradas à Caixa de Ferramentas de Processamento (*Processing Toolbox*). Como dado de entrada foi utilizado o Modelo Digital de Elevação previamente corrigido, garantindo que o escoamento superficial não fosse interrompido por depressões artificiais presentes no *raster* original. O processamento foi realizado conforme a sequência apresentada no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7-Procedimento para geração da acumulação de fluxo

Etapa	Ferramenta	Caminho no QGIS	Produto gerado
1	Fill Sinks (Wang & Liu)	SAGA → Terrain Analysis → Hydrology	MDT hidrológicamente consistente
2	Flow Accumulation (Top-Down)	SAGA → Terrain Analysis → Hydrology	Raster de Acumulação de Fluxo
3	Classificação do raster	Propriedades → Simbologia	Mapa de concentração do escoamento

Fonte: Autor (2026)

O algoritmo utilizado considera que toda a água precipitada sobre uma célula escoar para a célula vizinha definida pela direção de fluxo. Como consequência, o raster produzido apresenta valores baixos nas áreas de topo e valores progressivamente maiores à medida que ocorre convergência do escoamento.

Para facilitar sua interpretação, aplicou-se simbologia graduada em escala logarítmica, uma vez que os valores de acumulação normalmente apresentam grande amplitude numérica. Dessa forma, foi possível destacar visualmente os principais eixos naturais de drenagem existentes na área de estudo. A análise desse produto permitiu reconhecer os corredores preferenciais de escoamento superficial, fornecendo importante subsídio para as etapas posteriores de segmentação das linhas de drenagem e comparação com os cursos d'água previamente identificados na ortofoto.

A geração da acumulação de fluxo representa uma das etapas mais importantes da modelagem hidrológica baseada em Modelos Digitais de Elevação. Enquanto a direção de fluxo informa apenas o sentido do escoamento, a acumulação permite identificar onde esse fluxo efetivamente se concentra.

Sob a perspectiva do planejamento urbano, esse produto auxilia na identificação de áreas naturalmente suscetíveis à concentração das águas pluviais, permitindo antecipar potenciais problemas de drenagem, subsidiar o dimensionamento preliminar da infraestrutura hidráulica e evitar a implantação de vias ou edificações sobre corredores naturais de drenagem.

Além disso, esse procedimento reduz a subjetividade inerente à interpretação exclusivamente visual da ortofoto, fornecendo uma análise quantitativa fundamentada na topografia do terreno.

3.3.8. Extração dos segmentos naturais de drenagem

Concluída a geração do mapa de acumulação de fluxo, realizou-se a extração das linhas naturais de drenagem (Stream Extraction), procedimento destinado à identificação automática dos possíveis canais de escoamento superficial existentes na área de estudo.

Essa etapa consiste em converter o raster de acumulação de fluxo em uma rede vetorial representativa dos caminhos preferenciais percorridos pela água. Entretanto, nem toda célula que recebe contribuição superficial pode ser considerada um curso d'água. Por

esse motivo, torna-se necessário estabelecer um limiar mínimo de acumulação (*Flow Accumulation Threshold*), a partir do qual o algoritmo passa a interpretar determinado trecho como integrante da rede de drenagem.

O valor desse limiar exerce influência direta sobre o resultado obtido. Valores muito baixos produzem quantidade excessiva de canais, muitos deles sem expressão hidrológica significativa. Por outro lado, valores demasiadamente elevados tendem a eliminar canais secundários importantes para a compreensão do comportamento da drenagem local.

Dessa forma, foram realizados diversos testes de calibração utilizando diferentes valores de limiar, comparando-se os resultados obtidos com a ortofoto de alta resolução e com as feições naturais observadas visualmente na área de estudo. Esse procedimento teve como finalidade selecionar o valor que melhor representasse a drenagem existente. Após a definição do limiar considerado mais adequado, procedeu-se à extração automática da rede de drenagem. O procedimento foi desenvolvido conforme a sequência apresentada no Quadro 8.

Quadro 8-Procedimento para extração da drenagem

Etapa	Ferramenta	Caminho
Raster de entrada	Acumulação de Fluxo	Raster gerado anteriormente
Definição do limiar	Threshold	Valor calibrado experimentalmente
Extração	Channel Network	SAGA → Hydrology
Conversão	Raster → Vetor	Linhas de drenagem

Fonte: Autor (2026)

O produto final consistiu em uma camada vetorial composta por segmentos lineares representando os principais corredores naturais de drenagem identificados automaticamente a partir do comportamento topográfico do terreno.

Esses segmentos não representam necessariamente cursos d'água permanentes, mas indicam locais onde o relevo favorece a concentração do escoamento superficial. Em regiões de clima tropical úmido, como a Amazônia, muitos desses canais correspondem a drenagens sazonais ou intermitentes, desempenhando papel importante na dinâmica hidrológica local.

A extração automática da drenagem constitui importante ferramenta de validação cartográfica, uma vez que utiliza exclusivamente informações altimétricas para inferir a posição provável dos canais naturais. Enquanto a vetorização manual depende da interpretação visual do pesquisador, a modelagem hidrológica fundamenta-se exclusivamente na geometria do terreno. Assim, a comparação entre ambos os produtos permite avaliar a consistência da interpretação realizada.

3.3.9. Comparação entre os segmentos de drenagem modelados e os cursos d'água vetorizados na ortofoto

Uma das etapas mais relevantes da presente pesquisa consistiu na comparação entre os segmentos de drenagem obtidos automaticamente a partir do Modelo Digital de Elevação e os cursos d'água previamente vetorizados manualmente sobre a ortofoto de alta resolução.

Inicialmente, os cursos d'água foram identificados por interpretação visual da ortofoto produzida por aerofotogrametria. A elevada resolução espacial do produto permitiu reconhecer feições como canais aparentes, linhas de vegetação ciliar, áreas permanentemente úmidas, depressões lineares e mudanças de textura superficial indicativas da presença de drenagem natural. Esses elementos foram vetorizados manualmente no QGIS, originando uma camada vetorial linear representando a rede hidrográfica observada diretamente na imagem. Posteriormente, essa camada foi sobreposta aos segmentos de drenagem derivados da modelagem hidrológica baseada no Modelo Digital de Elevação.

A análise espacial demonstrou elevada correspondência entre ambas as representações. Observou-se que os principais corredores naturais identificados automaticamente coincidiram com os cursos d'água previamente vetorizados na ortofoto, tanto em relação ao posicionamento espacial quanto ao sentido geral de desenvolvimento dos canais.

Enquanto a vetorização manual foi baseada na interpretação visual das feições presentes na ortofoto, a rede de drenagem automática foi obtida exclusivamente por meio de algoritmos hidrológicos aplicados ao relevo. Trata-se, portanto, de dois métodos independentes de identificação da drenagem.

A convergência dos resultados obtidos pelos dois procedimentos indica que a vetorização realizada apresentou elevada consistência técnica, reduzindo significativamente

a possibilidade de erros decorrentes de interpretação subjetiva da imagem aérea. Contudo, essa validação cruzada aumentou a confiabilidade das etapas posteriores da pesquisa, especialmente a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), realizada a partir dos cursos d'água vetorizados, e a definição das áreas aptas à implantação da infraestrutura urbana.

Do ponto de vista metodológico, esse procedimento pode ser compreendido como uma validação indireta da rede hidrográfica utilizada na pesquisa, uma vez que demonstra coerência entre a interpretação fotogramétrica e a modelagem hidrológica baseada no relevo.

Essa estratégia conferiu maior robustez científica ao estudo, reduzindo a dependência exclusiva da interpretação visual e integrando duas abordagens complementares de análise espacial: a interpretação fotogramétrica e a modelagem hidrológica derivada do Modelo Digital de Elevação.

3.3.10. Análise multicritério para delimitação das áreas aptas à implantação do loteamento

Após a geração e organização de todos os produtos cartográficos obtidos ao longo das etapas anteriores, procedeu-se à delimitação das áreas consideradas tecnicamente aptas à implantação do loteamento proposto. Essa etapa foi desenvolvida por meio de uma análise multicritério em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), integrando informações topográficas, hidrológicas, ambientais, fundiárias e urbanísticas.

A metodologia adotada teve como princípio a eliminação sucessiva dos fatores restritivos à ocupação urbana, permanecendo apenas as áreas que apresentavam condições físicas, ambientais e legais compatíveis com a implantação de infraestrutura urbana, em conformidade com os princípios estabelecidos pela Lei Federal nº 6.766/1979 (Parcelamento do Solo Urbano), pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e pelas diretrizes gerais de planejamento urbano aplicáveis ao município de Oiapoque.

Inicialmente, foram integradas ao projeto geográfico todas as camadas produzidas durante a pesquisa, compreendendo o ortomosaico obtido por aerofotogrametria, o Modelo Digital de Elevação, o mapa hipsométrico, o mapa de declividade, os cursos d'água vetorizados, as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as linhas preferenciais de drenagem obtidas pela modelagem hidrológica, as áreas de

vegetação densa, a malha viária existente, os limites dos terrenos cadastrados pela Prefeitura Municipal e o polígono correspondente à área de estudo.

Cada uma dessas camadas passou a representar um critério de análise espacial, permitindo que as restrições fossem sucessivamente incorporadas ao processo de seleção da área de intervenção.

a) Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs)

A primeira restrição considerada correspondeu aos cursos d'água naturais existentes na área de estudo. Inicialmente, os canais foram identificados por interpretação visual da ortofoto de alta resolução e posteriormente validados pela modelagem hidrológica realizada a partir do Modelo Digital de Elevação SRTM, procedimento que demonstrou elevada correspondência espacial entre ambos os métodos.

Após a consolidação da rede hidrográfica, procedeu-se à delimitação das respectivas Áreas de Preservação Permanente mediante aplicação da ferramenta Buffer no QGIS. Considerando que os cursos d'água identificados apresentam largura inferior a 10 metros, adotou-se faixa marginal de 30 metros para cada margem, conforme estabelece o inciso I do artigo 4º da Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal).

O buffer foi gerado utilizando a ferramenta Buffer, disponível na Caixa de Ferramentas de Processamento do QGIS, originando uma camada poligonal representando as áreas ambientalmente protegidas. Essas áreas foram classificadas como não edificáveis, sendo automaticamente excluídas da área potencialmente destinada ao loteamento.

b) Exclusão das áreas ocupadas por vegetação densa

A etapa seguinte consistiu na identificação dos remanescentes de vegetação densa existentes na área de estudo. Essa identificação foi realizada mediante interpretação visual da ortofoto de alta resolução, complementada pelas informações altimétricas e pelos limites observados em campo durante a análise cartográfica.

Após sua delimitação vetorial, esses polígonos passaram a integrar o conjunto de restrições ambientais consideradas na pesquisa. Embora nem toda vegetação represente impedimento legal ao parcelamento urbano, optou-se por preservar os maiores fragmentos florestais existentes, buscando reduzir a supressão vegetal e compatibilizar a proposta urbanística com princípios de sustentabilidade ambiental.

Assim, os polígonos correspondentes à vegetação densa foram removidos da área passível de ocupação mediante operações de diferença espacial (*Difference*) realizadas no QGIS.

c) Exclusão das áreas de baixa cota altimétrica

Com base no mapa hipsométrico elaborado a partir do Modelo Digital do Terreno gerado no Autodesk Civil 3D, foram identificadas as áreas que apresentavam menores cotas altimétricas dentro do polígono de estudo.

A obtenção dessas informações foi realizada mediante geração prévia de uma malha regular de pontos no QGIS, exportação para formato GPX, enriquecimento altimétrico no *GPS Visualizer* utilizando dados SRTM e posterior importação dos pontos cotados para o Civil 3D, onde foi construída uma superfície TIN representativa do terreno.

A partir dessa superfície foi elaborado o mapa hipsométrico, permitindo visualizar a distribuição espacial das diferentes faixas de altitude. As áreas localizadas nas menores cotas foram interpretadas como potencialmente mais suscetíveis ao acúmulo de águas pluviais e à influência do escoamento superficial, razão pela qual foram classificadas como áreas inadequadas para implantação de lotes urbanos. Esses setores foram delimitados por polígonos e posteriormente excluídos da proposta de parcelamento mediante operações de geoprocessamento.

d) Priorização das áreas de relevo plano

Além da exclusão das áreas de baixa cota, buscou-se privilegiar setores com relevo predominantemente plano ou suavemente ondulado. Essa análise foi realizada por meio da integração entre o mapa hipsométrico e o mapa de declividade, permitindo identificar regiões onde as diferenças altimétricas eram reduzidas e onde seriam necessárias menores intervenções de terraplenagem.

A adoção desse critério contribui para redução dos custos de implantação da infraestrutura urbana, melhoria das condições de acessibilidade e maior eficiência do sistema de drenagem superficial.

e) Exclusão dos terrenos cadastrados pela Prefeitura Municipal

Outro critério incorporado à análise correspondeu à situação fundiária da área.

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram identificados polígonos correspondentes a terrenos cadastrados pela Prefeitura Municipal de Oiapoque e atualmente inseridos em processos administrativos de regularização fundiária. Com o objetivo de evitar conflitos jurídicos e sobreposição de propostas urbanísticas, esses imóveis foram incorporados ao banco de dados geográfico como camada vetorial independente. Posteriormente, aplicou-se a ferramenta “Diferença”, removendo essas áreas do polígono potencialmente destinado ao loteamento. Essa decisão metodológica buscou garantir maior viabilidade jurídica e administrativa à proposta desenvolvida.

f) Consolidação da área final de intervenção

Concluída a aplicação sucessiva de todos os critérios anteriormente descritos, procedeu-se à consolidação da área final destinada ao desenvolvimento da proposta urbanística. Essa consolidação foi realizada mediante sucessivas operações de geoprocessamento no QGIS, utilizando principalmente as ferramentas Diferença, e edição vetorial manual.

Ao término do processo, obteve-se um polígono contínuo representando exclusivamente as áreas consideradas tecnicamente aptas à implantação do loteamento. Esse polígono passou a constituir a base territorial utilizada nas etapas posteriores de proposição do sistema viário, drenagem urbana, parcelamento do solo e definição das diretrizes de infraestrutura apresentadas neste trabalho. Se quadro de critérios de exclusão, com resumo da metodologia adotada.

Com o objetivo de sistematizar os critérios adotados na seleção da área destinada à implantação do loteamento, o Quadro 9 apresenta de forma sintetizada as restrições consideradas durante a análise multicritério. Sua inclusão permite evidenciar a sequência lógica do processo decisório, demonstrando como aspectos ambientais, topográficos, hidrológicos e fundiários foram integrados para delimitar, de maneira técnica e fundamentada, a área final considerada apta à urbanização.

Quadro 9-Quadro de Critério de exclusão

Critério	Base utilizada	Ferramenta	Resultado
APP	Córregos vetorizados	Buffer 30 m	Exclusão
Vegetação densa	Ortofoto	Vetorização + Difference	Exclusão
Baixa cota	MDT Civil 3D	Hipsometria	Exclusão
Alta declividade (quando aplicável)	Mapa de declividade	Raster Calculator/Seleção	Exclusão
Imóveis em regularização	Cadastro municipal	Difference	Exclusão
Áreas remanescentes	Integração multicritério	Dissolve	Área apta

Fonte: Autor (2026)

Com o objetivo de identificar, de forma técnica e fundamentada, a área mais adequada para proposição do loteamento, foi desenvolvido um fluxo metodológico baseado na integração de diferentes geotecnologias, produtos cartográficos e análises espaciais. A metodologia envolveu a aquisição de dados primários e secundários, processamento fotogramétrico, organização do banco de dados geográfico, modelagem altimétrica, análises hidrológicas e aplicação de critérios ambientais, urbanísticos e fundiários para seleção das áreas aptas à ocupação.

A utilização integrada dessas etapas permitiu reduzir a subjetividade do processo decisório, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos. Na Engenharia, esse tipo de abordagem constitui importante ferramenta de apoio ao planejamento urbano, pois possibilita avaliar previamente os condicionantes físicos do terreno, minimizar conflitos ambientais, otimizar a implantação da infraestrutura e subsidiar a tomada de decisão com base em critérios técnicos e espacialmente referenciados.

3.4. Nível de abrangência da pesquisa

A presente pesquisa apresenta caráter técnico-aplicado e preliminar, voltado à análise espacial da área de expansão urbana Nova Conquista e à indicação de diretrizes para planejamento urbano, drenagem e pavimentação. Dessa forma, os produtos gerados não devem ser interpretados como projeto executivo de loteamento, drenagem urbana ou pavimentação, mas como subsídios técnicos para orientar estudos posteriores mais detalhados.

Uma das principais limitações refere-se à base altimétrica utilizada. Parte das análises de relevo foi desenvolvida com apoio em dados SRTM, cuja resolução espacial aproximada é de 30 m. Embora essa base seja adequada para caracterização geral do relevo, identificação de padrões altimétricos e apoio a análises preliminares de drenagem, ela não possui a mesma precisão de um levantamento topográfico convencional, de um levantamento GNSS geodésico ou de uma superfície obtida por aerofotogrametria com controle de campo. Assim, as cotas, declividades e linhas preferenciais de escoamento devem ser compreendidas como estimativas compatíveis com a escala do estudo.

Também constitui limitação o fato de que os pontos cotados utilizados na modelagem hipsométrica foram obtidos por meio de malha gerada no QGIS, exportada em formato GPX e enriquecida altimetricamente na plataforma *GPS Visualizer*, com base em modelos digitais de elevação globais. Embora esse procedimento tenha permitido gerar uma base altimétrica coerente para análise preliminar, recomenda-se que, em etapas futuras, a área seja objeto de levantamento topográfico planialtimétrico detalhado, com equipamentos GNSS de precisão ou estação total, especialmente antes da elaboração de projeto executivo.

Outra limitação está relacionada à identificação dos cursos d'água. Nesta pesquisa, os córregos foram vetorizados a partir da interpretação visual da ortofoto de alta resolução e posteriormente comparados com segmentos de fluxo derivados do modelo digital de elevação. A coincidência entre os produtos reforçou a confiabilidade da interpretação realizada; entretanto, a confirmação definitiva da natureza, largura, sazonalidade e regime de escoamento desses cursos d'água depende de vistoria de campo, preferencialmente em diferentes períodos hidrológicos, incluindo estação chuvosa e menos chuvosa.

Quanto às Áreas de Preservação Permanente, adotou-se buffer de 30 m a partir dos cursos d'água identificados, considerando a hipótese de canais com largura inferior a 10 m, conforme o critério geral previsto no Código Florestal. Contudo, a delimitação final de APPs para fins de licenciamento, regularização fundiária ou aprovação urbanística deve ser confirmada por levantamento de campo, caracterização ambiental e manifestação dos órgãos competentes.

A delimitação das áreas de vegetação densa também apresenta caráter interpretativo, pois foi realizada com base na análise visual da ortofoto. Embora a alta resolução da imagem permita reconhecer com boa precisão os fragmentos vegetados, a

pesquisa não incluiu inventário florestal, classificação botânica, avaliação sucessional ou autorização ambiental para supressão vegetal. Portanto, os polígonos de vegetação densa foram considerados como restrições preliminares à ocupação, recomendando-se estudos ambientais específicos em etapas futuras.

No aspecto fundiário, foram considerados polígonos de terrenos cadastrados ou em processo de regularização junto à Prefeitura Municipal, com o objetivo de evitar sobreposição da proposta com áreas já identificadas administrativamente. Entretanto, a pesquisa não substitui levantamento cadastral, dominial ou jurídico completo. Para implantação efetiva de loteamento, será necessária a verificação da titularidade, registros imobiliários, situação dominial, eventuais posses, sobreposições e demais restrições legais incidentes sobre a área.

Também se destaca que a proposta resultante não contempla dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem, cálculo de vazões de projeto, definição de seções de canais, galerias, bocas de lobo, sarjetas ou bacias de retenção. As diretrizes apresentadas limitam-se à identificação dos caminhos preferenciais de escoamento, áreas de restrição e setores mais adequados para implantação futura da infraestrutura. O dimensionamento deverá ser desenvolvido em projeto específico, com dados pluviométricos, tempo de concentração, coeficientes de escoamento, períodos de retorno e critérios normativos aplicáveis.

Da mesma forma, a pesquisa não contempla projeto geométrico executivo do sistema viário nem dimensionamento estrutural de pavimentos. As análises realizadas indicam diretrizes preliminares para organização viária e pavimentação, mas não substituem estudos de tráfego, sondagens geotécnicas, ensaios de capacidade de suporte do subleito, definição de greides, seções transversais, volumes de corte e aterro e dimensionamento das camadas do pavimento.

O Quadro 10 sintetiza as principais limitações identificadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa, bem como seus possíveis impactos e as medidas adotadas para minimizar seus efeitos sobre os resultados obtidos. A identificação dessas limitações é importante para delimitar o nível de abrangência do estudo e demonstrar que as análises foram conduzidas de forma compatível com a escala e os objetivos da pesquisa.

Embora existam restrições inerentes às bases de dados e aos procedimentos empregados, as estratégias metodológicas adotadas permitiram aumentar a confiabilidade das análises, fornecendo suporte técnico consistente para a definição das áreas aptas à expansão urbana e para a proposição das diretrizes de infraestrutura.

Portanto, os resultados desta pesquisa devem ser compreendidos como uma base técnica preliminar de apoio ao planejamento urbano. Sua principal contribuição consiste em demonstrar como as geotecnologias podem auxiliar a engenharia na identificação de condicionantes físicos, ambientais e territoriais antes da implantação de infraestrutura urbana, reduzindo incertezas e orientando futuras etapas de levantamento, projeto, licenciamento e execução.

Quadro 10-Principais limitações metodológicas da pesquisa e respectivas implicações técnicas

Aspecto	Limitação identificada	Possível impacto nos resultados	Medidas adotadas na pesquisa
Modelo Digital de Elevação (SRTM)	O Modelo Digital de Elevação utilizado possui resolução espacial aproximada de 30 m, não representando microformas do relevo com a mesma precisão de levantamentos topográficos convencionais.	Pequenas variações altimétricas podem não ser totalmente representadas, influenciando a precisão das análises locais de relevo e drenagem.	Utilização do SRTM apenas como base para análises preliminares, complementado por ortofoto de alta resolução, modelagem hipsométrica e validação visual da área.
Obtenção das cotas altimétricas	As cotas foram obtidas por interpolação automática realizada pelo GPS Visualizer a partir do DEM SRTM.	Os valores representam estimativas altimétricas compatíveis com a resolução do modelo utilizado, não substituindo levantamento planialtimétrico de precisão.	Os pontos cotados foram empregados apenas para caracterização geral do relevo e geração do MDT utilizado nas análises preliminares.
Modelagem hidrológica	A direção e acumulação de fluxo foram obtidas a partir de modelo matemático baseado no relevo.	Alguns canais temporários ou modificações antrópicas podem não ser integralmente representados pelo algoritmo hidrológico.	Comparação entre os segmentos de fluxo modelados e os cursos d'água vetorizados na ortofoto, permitindo validação cruzada dos resultados.
Identificação dos cursos d'água	A vetorização foi realizada por interpretação visual da ortofoto, sem verificação sistemática em campo.	Pequenos canais sazonais ou ocultos pela vegetação podem não ter sido identificados.	A interpretação foi validada pela modelagem hidrológica do terreno, aumentando a confiabilidade da rede hidrográfica utilizada.
Delimitação das APPs	A delimitação das APPs considerou largura presumida inferior a 10 m para os cursos d'água identificados.	A largura real dos canais poderá exigir ajustes na faixa de preservação durante estudos executivos.	Aplicação do critério previsto no Código Florestal para cursos d'água naturais com largura inferior a 10 m, adequado à escala da pesquisa.
Vegetação densa	A identificação das áreas vegetadas baseou-se na interpretação visual da ortofoto.	Não foram avaliados aspectos fitossociológicos, sucessão ecológica ou composição florística.	Os polígonos foram utilizados exclusivamente como restrição preliminar ao parcelamento urbano, recomendando-se estudos ambientais específicos posteriormente.
Situação fundiária	Foram considerados apenas os polígonos disponibilizados pela Prefeitura referentes às áreas em processo de regularização.	Alterações cadastrais futuras ou novas regularizações poderão modificar parte da área considerada apta.	As áreas cadastradas foram excluídas preventivamente da proposta urbanística para evitar conflitos territoriais.
Infraestrutura proposta	A pesquisa não contempla projetos executivos de drenagem, terraplenagem, pavimentação ou geometria viária.	As diretrizes apresentadas deverão ser detalhadas em estudos complementares antes da implantação.	O estudo possui caráter de planejamento urbano preliminar, fornecendo subsídios técnicos para etapas posteriores de engenharia.
Validação de campo	Não foram realizados levantamentos topográficos convencionais, sondagens geotécnicas ou campanhas hidrológicas específicas.	Alguns parâmetros físicos poderão sofrer ajustes durante a elaboração dos projetos executivos.	A metodologia priorizou a integração de diferentes geotecnologias para reduzir incertezas e aumentar a confiabilidade das análises preliminares.

Fonte: Autor (2026)

4. CARACTERÍSTICAS TERRITORIAL DO MUNICÍPIO

4.1. Caracterização territorial e evolução da ocupação urbana de Oiapoque

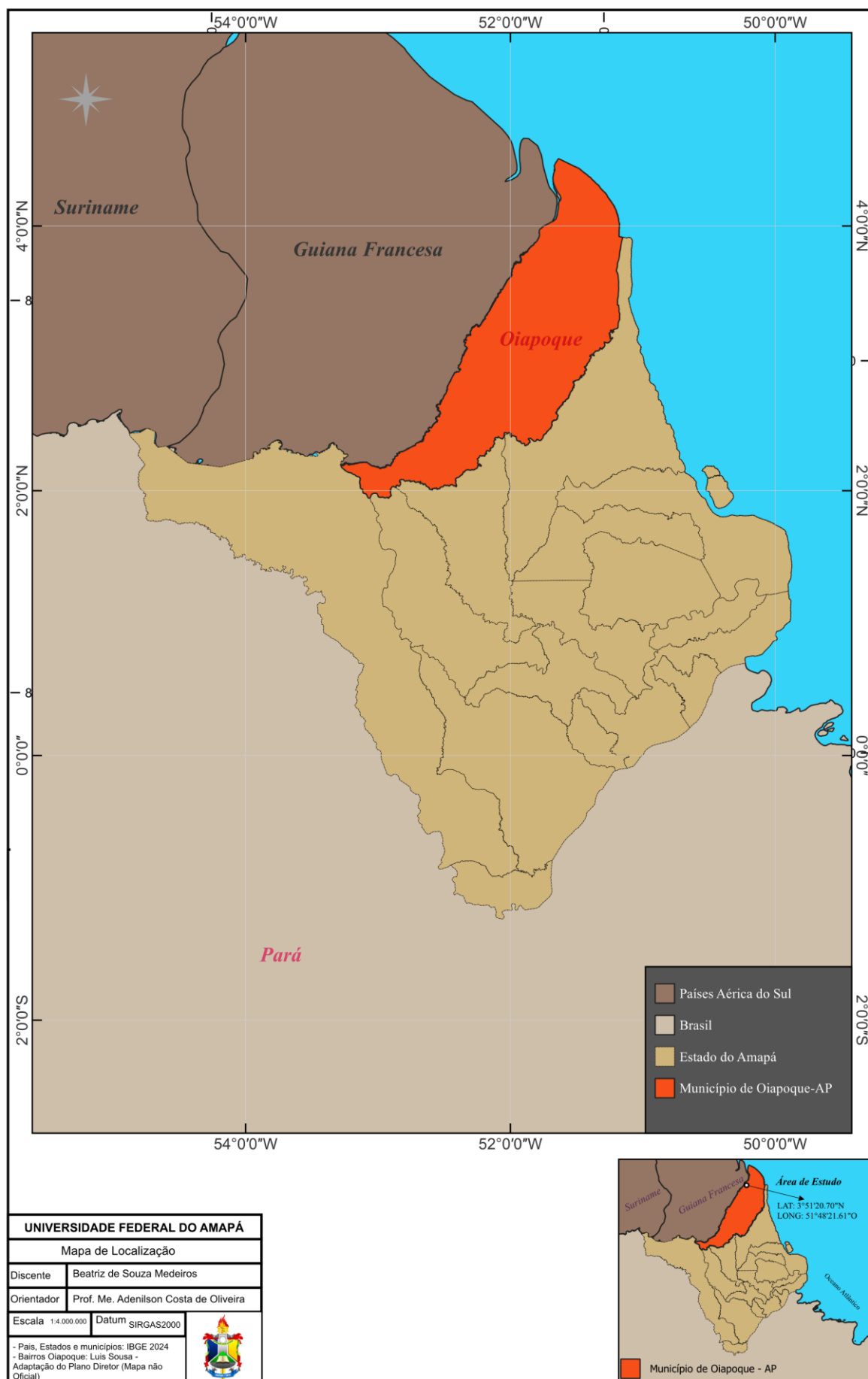
O município de Oiapoque está localizado na porção mais setentrional do estado do Amapá, constituindo o extremo norte do território brasileiro. Sua posição geográfica confere-lhe relevância estratégica, uma vez que estabelece fronteira internacional com a Guiana Francesa por meio do rio Oiapoque, representando importante eixo de integração entre o Brasil e o território ultramarino francês.

O município limita-se ao norte com a Guiana Francesa, ao sul com os municípios de Calçoene, Serra do Navio e Pedra Branca do Amapari, a leste é banhado pelo Oceano Atlântico e, a oeste, faz divisa com o município de Laranjal do Jari (Mapa 2).

Com área territorial de aproximadamente 22.625 km², Oiapoque figura entre os maiores municípios do estado do Amapá em extensão territorial. Entretanto, sua ocupação urbana encontra-se concentrada em uma reduzida parcela do território, enquanto grande parte da área municipal é composta por unidades de conservação, terras indígenas e extensas áreas de cobertura florestal, características que condicionam a expansão da malha urbana e influenciam diretamente o planejamento territorial.

A localização fronteiriça, associada ao crescimento populacional e ao aumento da demanda por habitação e infraestrutura urbana nas últimas décadas, tem impulsionado o surgimento de novas áreas de ocupação, muitas vezes em regiões ainda carentes de planejamento urbano e infraestrutura básica. Nesse contexto, compreender as características físicas e territoriais do município constitui etapa fundamental para a análise da expansão urbana e para a proposição de diretrizes técnicas voltadas ao ordenamento territorial e à implantação de infraestrutura urbana no bairro Nova Conquista.

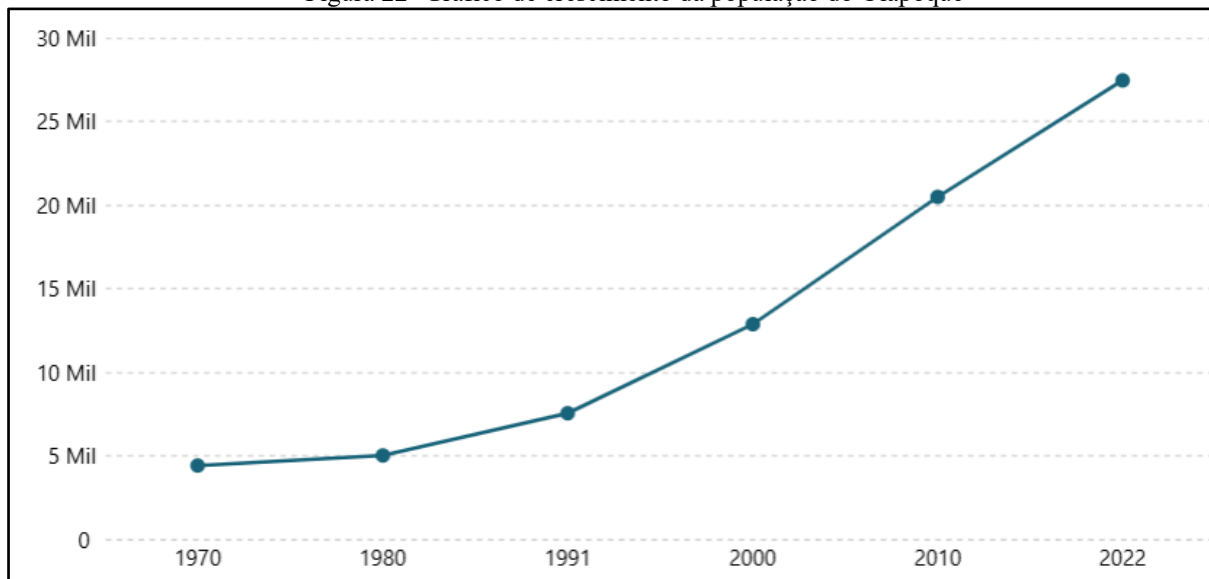
Mapa 2-Localização do município do Oiapoque



Fonte: Autor (2026)

Conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022 (Figura 22), sua população era de 27.482 habitantes apresentando uma população estimada em 30.786 de pessoas para o ano de 2025.

Figura 22- Gráfico de crescimento da população do Oiapoque

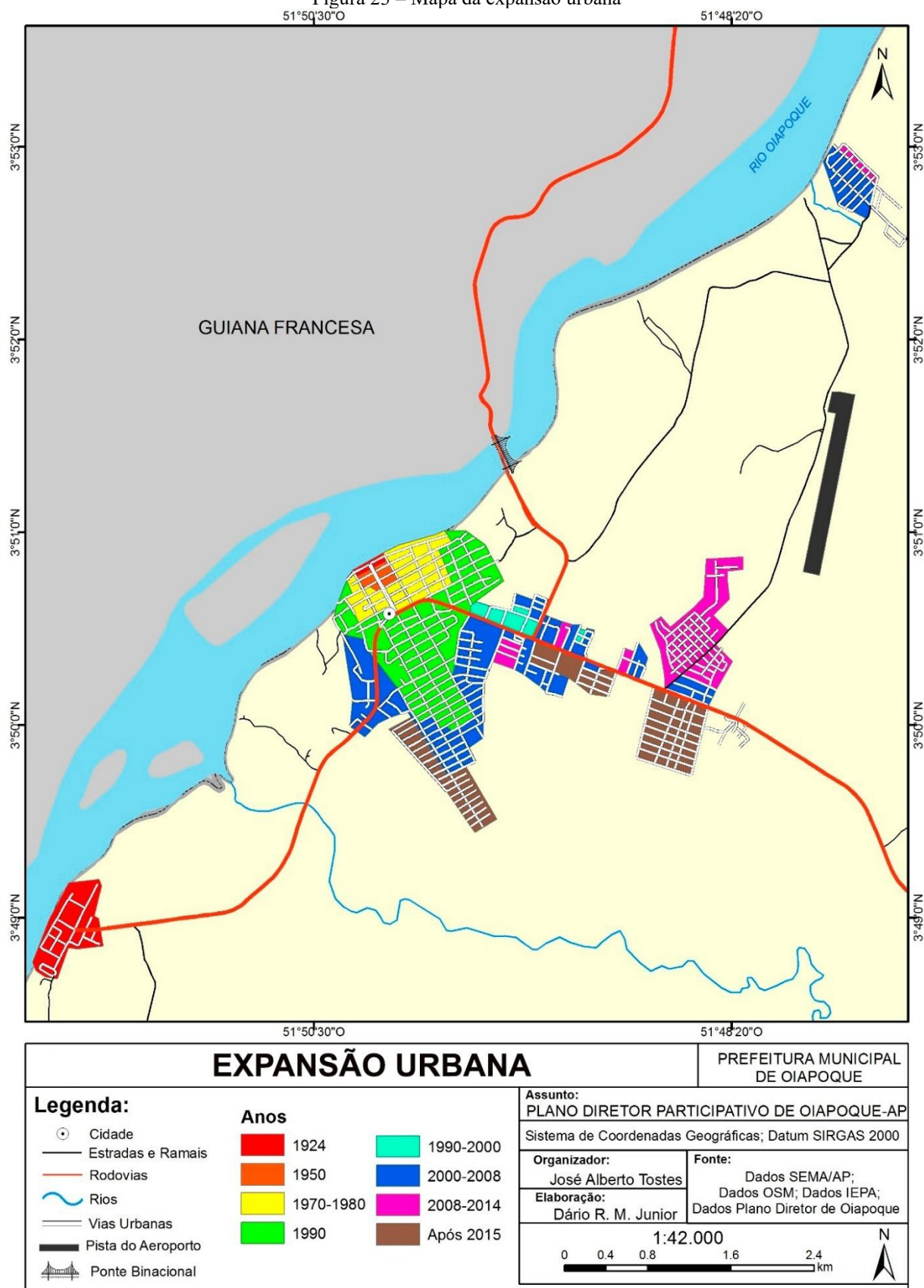


Fonte: IBGE - Censo (2022)

A ocupação do município de Oiapoque foi marcada por sucessivos períodos de crescimento impulsionados por fatores geopolíticos, econômicos e institucionais que moldaram sua configuração territorial ao longo do tempo. Inicialmente, segundo a Confederação Nacional de Municípios (2009) sua ocupação esteve relacionada à posição estratégica da fronteira entre Brasil e Guiana Francesa e às disputas pela consolidação da soberania nacional.

Posteriormente, as ações do Estado brasileiro voltadas ao povoamento da região, destacando-se a implantação do Núcleo Colonial Cleveland do Norte e, mais tarde, a criação do município, contribuíram para a estruturação do núcleo urbano. Nas décadas seguintes, a implantação da Rodovia BR-156 ampliou a integração de Oiapoque com o restante do estado, criando condições logísticas que, associadas à descoberta de novas jazidas de ouro no final da década de 1980 e início da década de 1990, desencadearam um dos mais expressivos ciclos de crescimento populacional e expansão territorial do município (GÓES, 2020).

Figura 23 – Mapa da expansão urbana



Fonte: Plano Diretor de Oiapoque (2020)

A intensificação da atividade garimpeira transformou Oiapoque em importante centro de apoio logístico às frentes de exploração mineral, estimulando fluxos migratórios, dinamizando a economia local e impulsionando a expansão do tecido urbano, conforme apresentando na Figura 23, ao analisar espacialmente essa ocupação em relação ao tempo. Nas décadas mais recentes, esse processo foi acompanhado pela continuidade do crescimento populacional e pela ocupação de novas áreas urbanas, muitas delas desenvolvidas sem o devido planejamento territorial, resultando na configuração espacial atualmente observada no município (GÓES, 2020).

Ainda assim, observa-se que a ocupação inicial se concentrou às margens do rio Oiapoque, expandindo-se posteriormente em direção ao interior por meio de novos parcelamentos urbanos. Nas décadas mais recentes, o crescimento tornou-se mais acelerado, alcançando áreas periféricas e setores posteriormente classificados pelo Plano Diretor como Zona de Expansão Urbana.

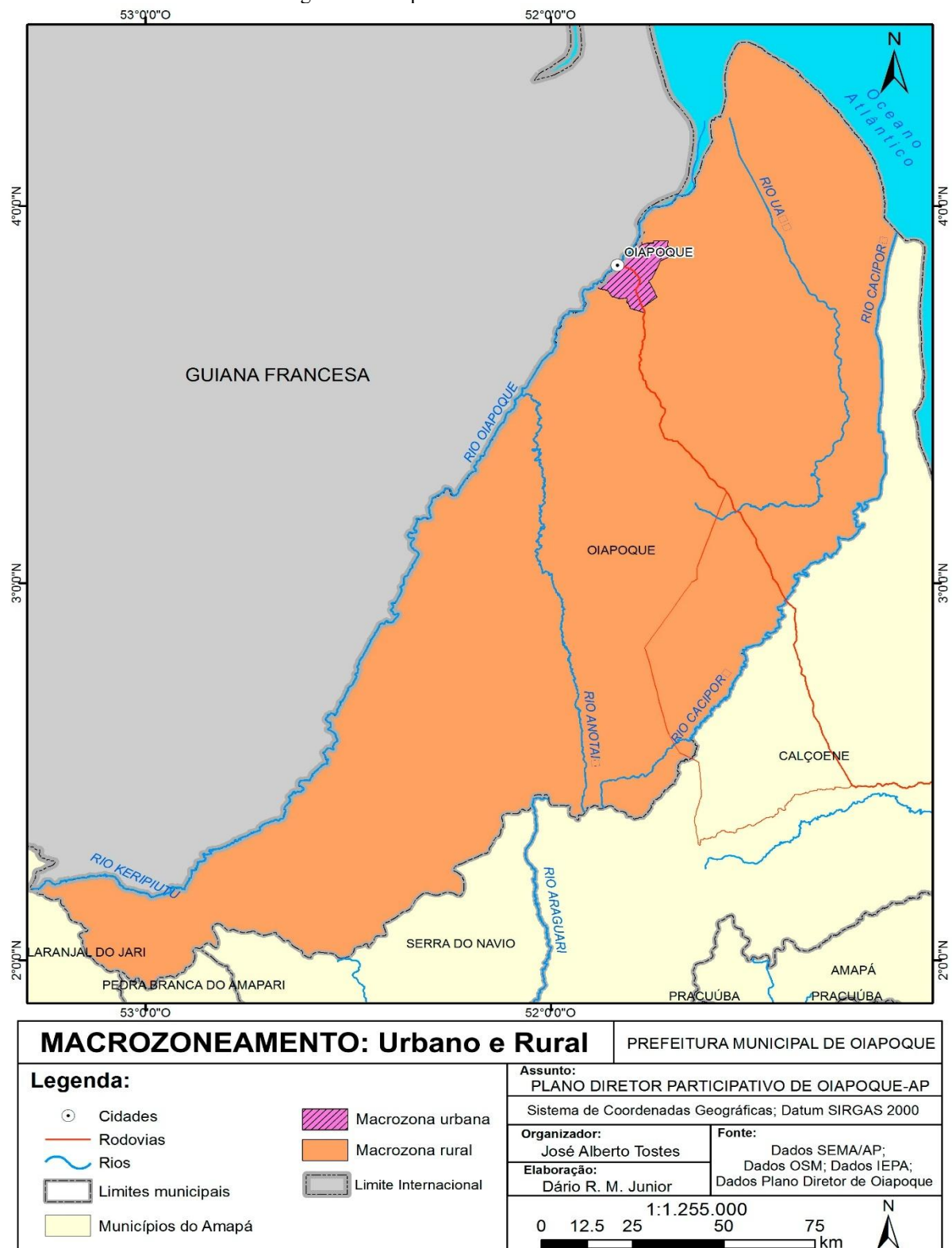
4.1.1. Zoneamento urbano e organização territorial do município

Considerando as particularidades territoriais de Oiapoque, Ferreira, Ferreira e Tostes (2022) afirmam que, embora o Plano Diretor, por si só, não resolva todos os problemas urbanos, o município não pode ser administrado sem um processo consistente de ordenamento territorial, capaz de orientar o crescimento urbano, a infraestrutura e a ocupação do solo de forma planejada.

Ele estabelece o ordenamento territorial do município a partir da divisão do macrozoneamento em duas partes: Urbana e Rural, conforme Figura 24. Observa-se que a Macrozona Urbana ocupa uma parcela significativamente reduzida do território municipal, concentrando-se na sede do município, às margens do rio Oiapoque e junto à fronteira internacional com a Guiana Francesa.

Em contrapartida, a Macrozona Rural abrange praticamente toda a extensão territorial do município, evidenciando que a ocupação urbana se encontra espacialmente concentrada em uma pequena fração do território. Essa configuração reflete o padrão histórico de ocupação da cidade, cuja formação ocorreu inicialmente em função da fronteira internacional, do rio Oiapoque e das atividades econômicas desenvolvidas na região.

Figura 24 - Mapa macrozoneamento urbano e rural



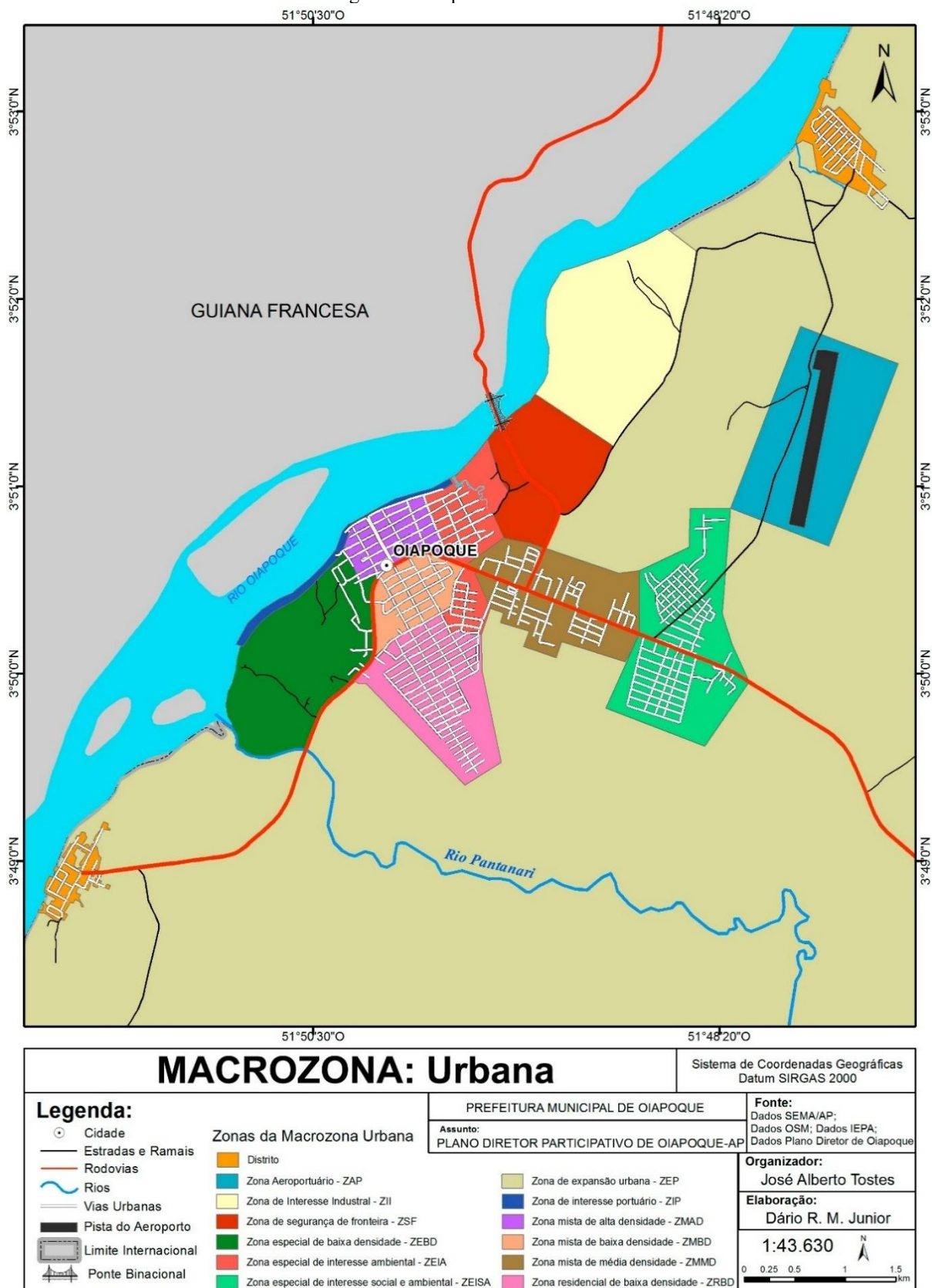
Fonte: Plano Diretor de Oiapoque (2020)

A distribuição espacial das macrozonas também evidencia a forte influência dos elementos naturais sobre o processo de urbanização. A sede municipal encontra-se limitada pelo rio Oiapoque a oeste, pelo Oceano Atlântico a nordeste e por extensas áreas rurais nas demais direções, fatores que condicionam a expansão do tecido urbano e reforçam a necessidade de planejamento territorial para orientar a ocupação das áreas disponíveis. Além disso, observa-se que a cidade possui acesso regional por meio da Rodovia BR-156, principal eixo estruturador da mobilidade terrestre do município, responsável pela conexão com os demais municípios do estado do Amapá e pela indução do crescimento urbano ao longo de seu traçado.

No ponto de vista do planejamento urbano, o macrozoneamento demonstra que o Plano Diretor busca estabelecer uma clara separação entre os espaços urbanos e rurais, direcionando a concentração das atividades urbanas para a Macrozona Urbana e preservando as funções produtivas e ambientais predominantes na Macrozona Rural. Essa estratégia constitui um importante instrumento de ordenamento territorial, pois permite orientar o crescimento da cidade de forma mais organizada, reduzindo a ocorrência de ocupações dispersas e favorecendo a implantação planejada da infraestrutura urbana.

Diferentemente do macrozoneamento municipal, que divide o território em Macrozonas Urbana e Rural, o zoneamento urbano organiza o perímetro urbano em zonas com características, funções e diretrizes específicas de uso e ocupação do solo, essa configuração nota-se ao analisar a Figura 25. Essa compartimentação busca disciplinar o crescimento da cidade, compatibilizando as diferentes atividades urbanas com as características ambientais, econômicas, sociais e de infraestrutura existentes.

Figura 25- Mapa da macrozona urbana



Fonte: Plano Diretor de Oiapoque (2020)

Observa-se que o zoneamento urbano foi estruturado considerando as funções predominantes de cada setor da cidade. As áreas centrais concentram zonas de uso misto, caracterizadas pela coexistência de usos residenciais, comerciais e de serviços, favorecendo maior dinamismo urbano. Nas áreas periféricas predominam zonas residenciais de baixa densidade e zonas especiais de interesse social, destinadas à expansão da ocupação habitacional e à implantação de novos loteamentos. O Plano Diretor também delimita zonas específicas voltadas à proteção ambiental, às atividades industriais, ao sistema aeroportuário, às atividades portuárias e à segurança de fronteira.

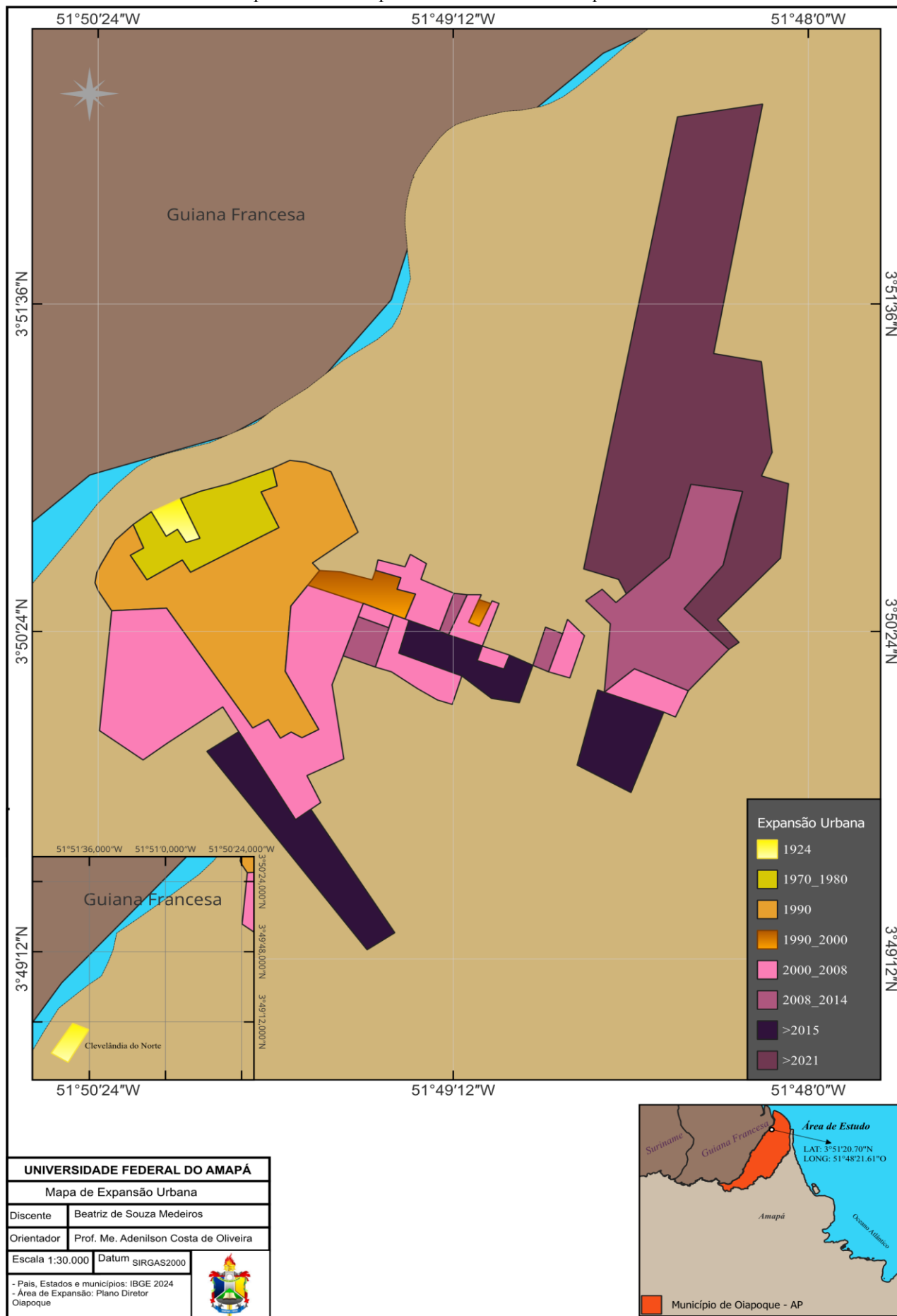
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da evolução da ocupação urbana de Oiapoque evidencia um processo de crescimento espacial ocorrido em diferentes períodos históricos, conforme apresentado no Mapa 3. Observa-se que o núcleo urbano inicial concentrou-se nas proximidades da antiga Vila de Clevelândia do Norte e da margem do rio Oiapoque, expandindo-se progressivamente para novas áreas ao longo das décadas, impulsionado pelo crescimento populacional, pela implantação de equipamentos urbanos e pela abertura de novas vias de circulação. As áreas de ocupação mais recente apresentam maior dispersão espacial e avançam em direção aos limites definidos para expansão urbana pelo planejamento municipal.

Nesse contexto, a área de estudo desta pesquisa encontra-se integralmente inserida na Zona de Expansão Urbana (ZEU), delimitada pelo Plano Diretor do Município de Oiapoque, demonstrando que a proposta desenvolvida está em consonância com as diretrizes de ordenamento territorial estabelecidas pelo município. A localização da área em continuidade ao tecido urbano consolidado favorece sua integração à malha existente, reduzindo a necessidade de implantação de infraestrutura isolada e possibilitando maior racionalidade na expansão da cidade.

Além disso, a inserção da área de estudo na ZEU evidencia que o município reconhece o potencial de crescimento dessa porção do território, condicionando sua ocupação à adoção de critérios técnicos capazes de garantir a adequada implantação da infraestrutura urbana. Nesse sentido, a utilização de ferramentas de geoprocessamento para avaliação do relevo, da drenagem natural, da rede viária e da aptidão territorial contribui para subsidiar o planejamento urbano, permitindo que o processo de expansão ocorra de forma mais ordenada, sustentável e compatível com as características físicas do terreno.

Mapa 3-Zona de Expansão Urbana – Nova Conquista



Fonte: Autor (2026)

Essa zona representa a principal área destinada ao crescimento futuro da cidade segundo o Plano Diretor, constituindo o vetor preferencial para a implantação de novos empreendimentos urbanos e expansão da infraestrutura municipal. Entretanto, embora o Plano Diretor indique a área destinada ao crescimento urbano, ele não identifica quais setores apresentam melhores condições físicas para ocupação, o que justifica a realização das análises de relevo, drenagem, uso e ocupação do solo e infraestrutura desenvolvidos neste trabalho.

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta, bem como a discussão técnica das análises desenvolvidas ao longo da pesquisa. Serão apresentados o diagnóstico territorial da área de expansão Nova Conquista e a análise integrada das suas características físicas, ambientais e urbanísticas. Com base nessas informações, foi desenvolvida uma proposta de ocupação urbana fundamentada nos princípios do planejamento territorial sustentável, contemplando diretrizes para o sistema viário, a drenagem urbana e a organização funcional do espaço urbano.

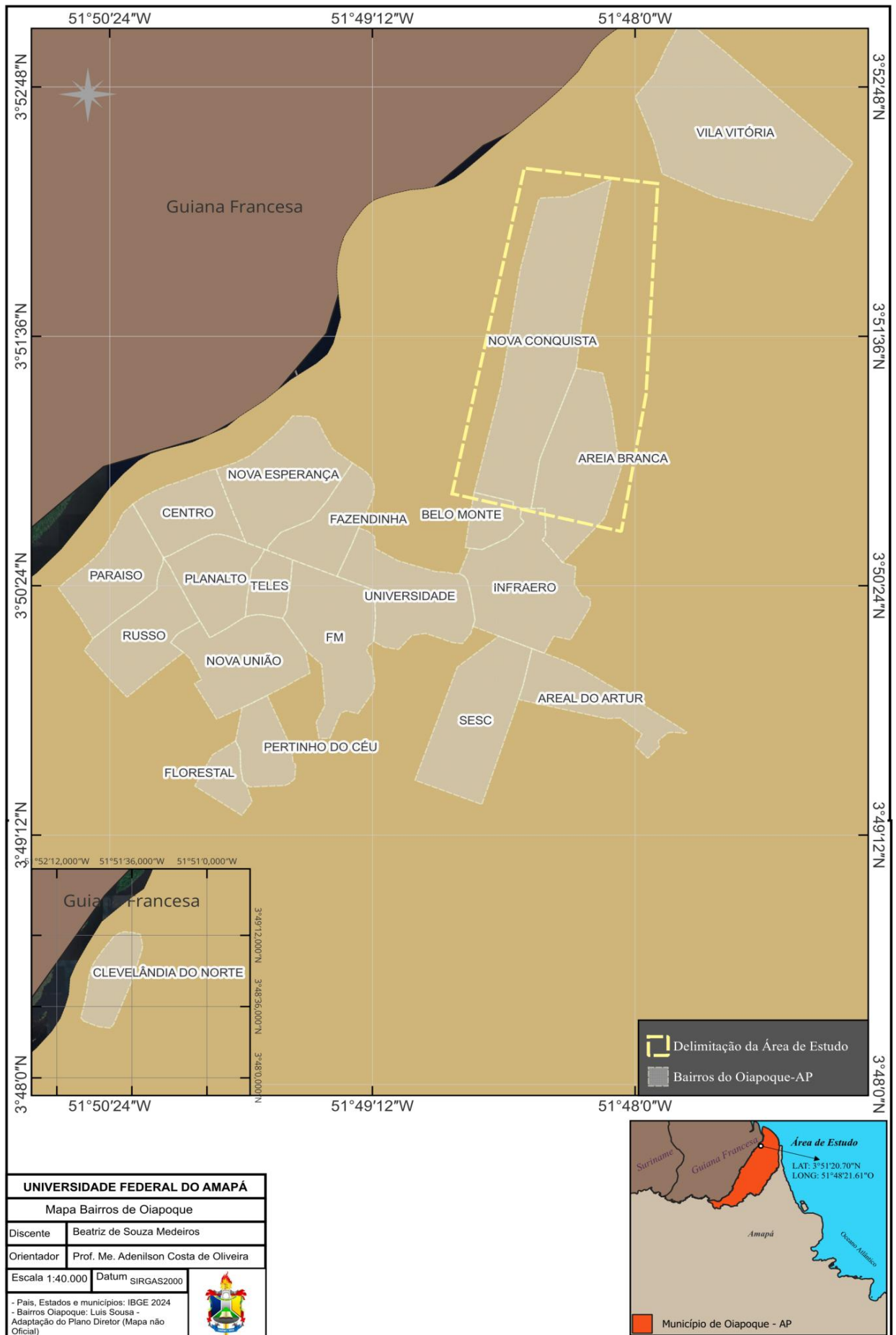
5.1. Diagnóstico Territorial Da Área De Estudo - Nova Conquista

Após a identificação da área potencial para expansão urbana, apresentada no capítulo anterior, torna-se necessária sua caracterização territorial detalhada, visando compreender as condições físicas, ambientais e urbanísticas que poderão influenciar o planejamento e a implantação de infraestrutura urbana. O diagnóstico da área de estudo constitui uma etapa fundamental do processo de planejamento, uma vez que fornece informações técnicas capazes de subsidiar a definição de diretrizes para o sistema viário, drenagem urbana, saneamento básico e ocupação do solo.

5.1.1. Localização e delimitação da área

O Mapa 4 apresenta a localização da ocupação no contexto urbano do município de Oiapoque. Observa-se que o polígono selecionado está inserido na área em expansão Nova Conquista, situado próximo ao aeroporto da cidade e pertencente à Zona de Expansão Urbana prevista pelo Plano Diretor. Essa configuração reforça o potencial da área para receber futuras intervenções de infraestrutura e expansão urbana planejada.

Mapa 4-Localização da área Nova Conquista



Fonte: Autor (2026)

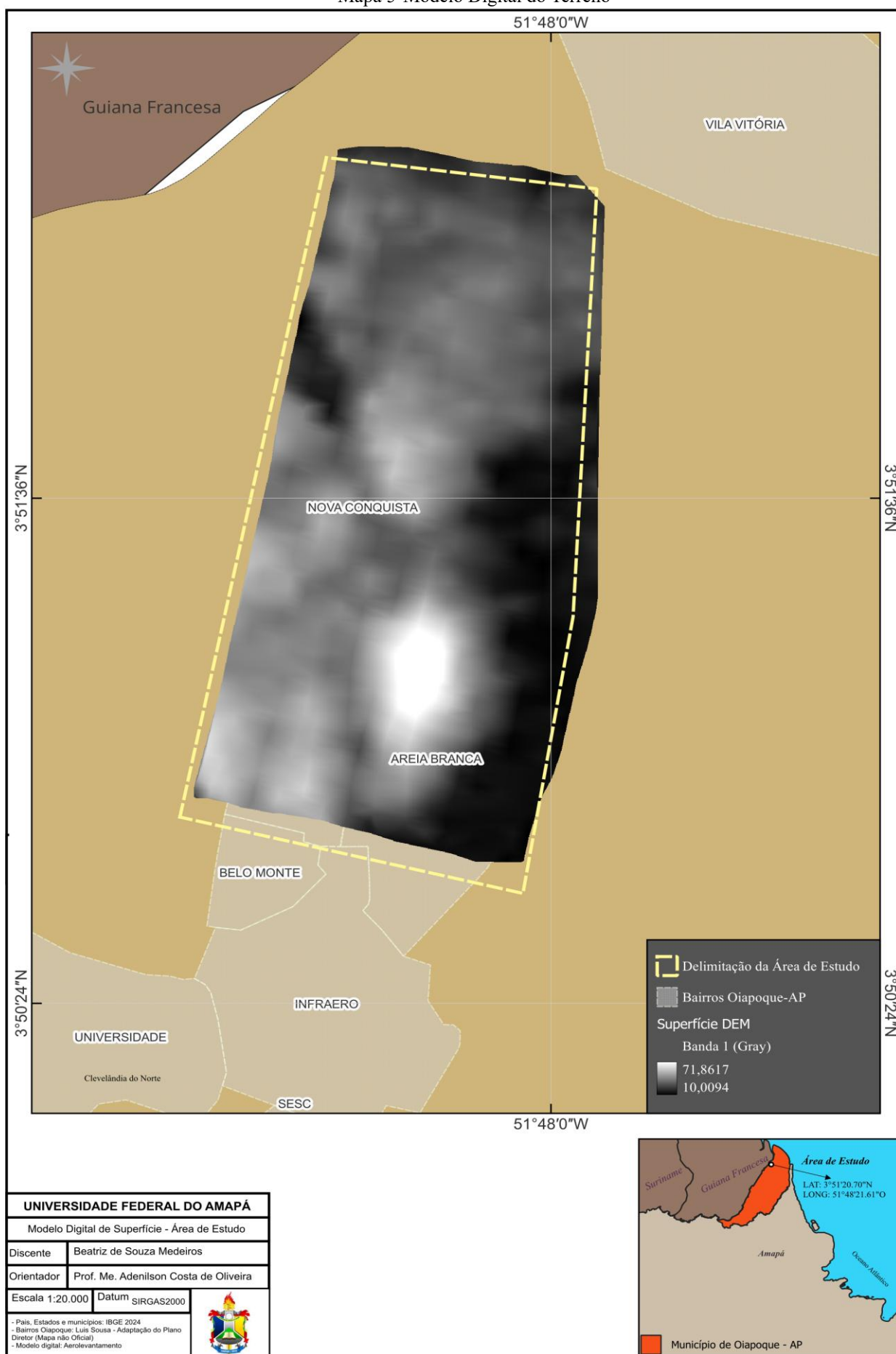
Neste capítulo são apresentados os resultados das análises espaciais realizadas sobre a área selecionada, abrangendo sua localização, características topográficas, uso e ocupação do solo, infraestrutura existente, densidade habitacional, restrições ambientais e situação fundiária. A interpretação integrada dessas informações permite identificar as potencialidades e limitações da área, estabelecendo a base técnica para a proposição das diretrizes urbanísticas e de infraestrutura apresentadas no capítulo seguinte.

5.1.2. Características topográficas

A caracterização topográfica constitui uma etapa importante na avaliação de áreas destinadas à expansão urbana, pois o relevo influencia diretamente a ocupação do solo e o comportamento do escoamento superficial, aspectos que devem ser considerados no planejamento urbano e na implantação da infraestrutura (TUCCI, 2012).

O Mapa 5 apresenta o Modelo Digital do Terreno (MDT) da área de estudo, obtido a partir de coleta de dados altimétricos mostrados anteriormente. A análise do modelo permitiu identificar a distribuição altimétrica do terreno, evidenciando cotas variando entre 10,01m e 71,86m, com amplitude altimétrica aproximada de 61,85 m.

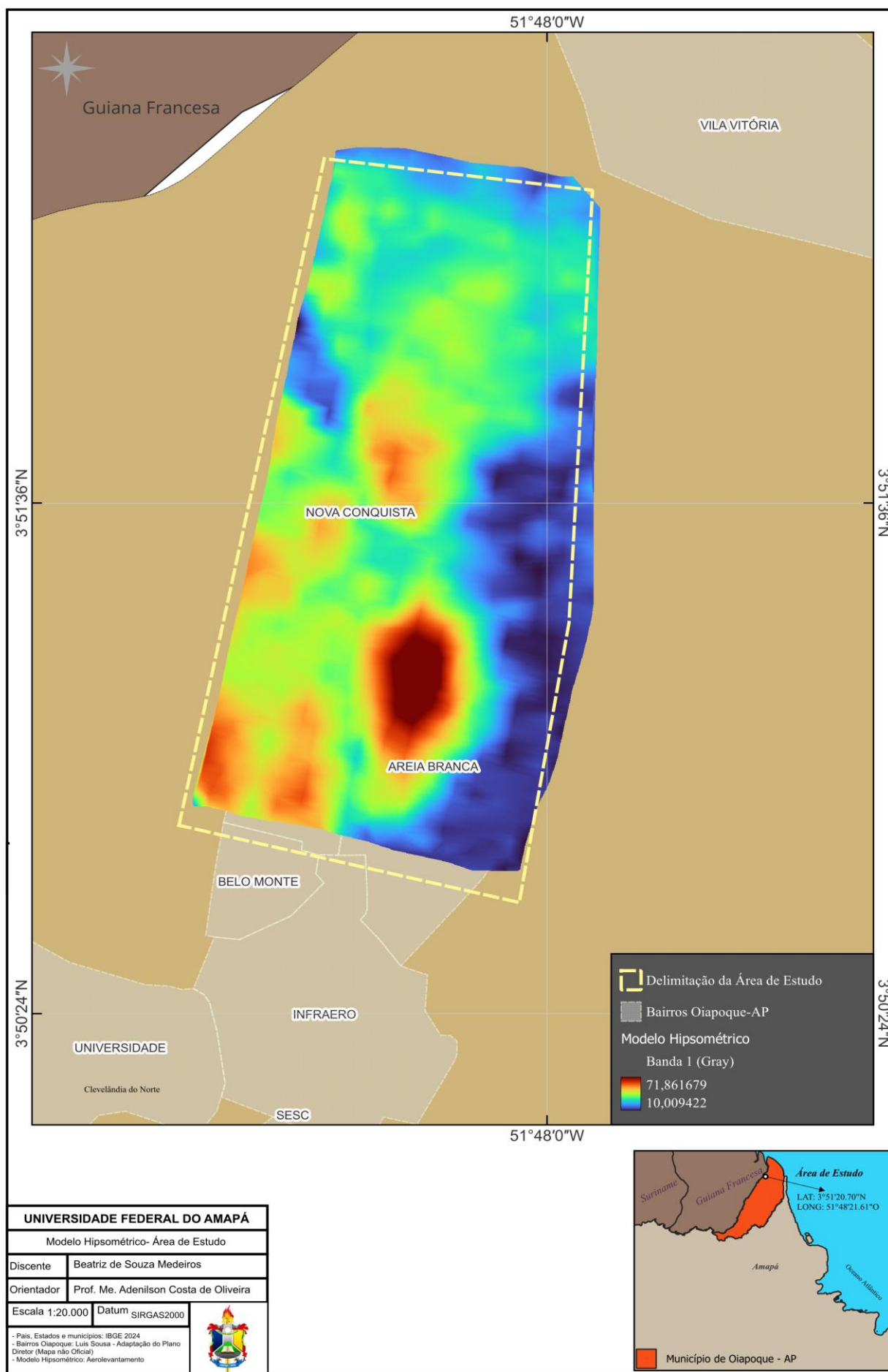
Mapa 5-Modelo Digital do Terreno



Fonte: Autor (2026)

Observa-se que as maiores cotas se concentram na porção mais afastadas da área de domínio do aeroporto, enquanto os menores valores altimétricos ocorrem na região em que predominam os cursos d'água e área do aeroporto que está localizada a leste da figura, estabelecendo um gradiente natural do relevo que condiciona a direção preferencial do escoamento superficial. Os pontos esbranquiçados da figura, representam os pontos mais altos enquanto que a região com a predominância de cor preta equivale aos pontos mais baixos.

Mapa 6-Hipsométrico



Fonte: Autor (2026)

O Mapa 6 apresenta o mapa hipsométrico da área de estudo, elaborado a partir do MDT. A distribuição das classes altimétricas evidencia o predomínio de cotas compreendidas entre 10,01m e 71,86m. As regiões situadas em cotas mais elevadas representam as áreas com cores avermelhadas, enquanto as áreas de menor altitude concentram-se nas regiões representadas nas áreas com cores azuladas.

A análise integrada do Modelo Digital do Terreno (MDT) e do mapa hipsométrico permitiu identificar que o escoamento superficial ocorre predominantemente a partir da porção centro-sul da área de estudo em direção aos setores norte, nordeste e leste, acompanhando o gradiente natural do relevo e convergindo para as cotas altimétricas mais baixas.

Observa-se que as linhas naturais de drenagem direcionam o fluxo das águas pluviais para os talwegues identificados no terreno, evidenciando a influência da topografia na organização da rede de drenagem superficial.

Essas informações constituem importante subsídio para o planejamento da expansão urbana, permitindo a definição de diretrizes para implantação do sistema de drenagem, preservação dos canais naturais de escoamento e redução dos riscos de alagamentos.

Esse comportamento influencia diretamente a definição das diretrizes para implantação do sistema viário e das estruturas de drenagem urbana, uma vez que a topografia condiciona tanto o traçado das vias quanto a localização dos dispositivos destinados à captação e condução das águas pluviais (ADASA, 2023; TUCCI, 2012).

De modo geral, a análise topográfica evidencia que a área apresenta características favoráveis à expansão urbana, uma vez que o relevo apresenta predominância de declividades suaves a moderadas, com gradientes altimétricos que favorecem a implantação de infraestrutura urbana e permitem o direcionamento natural do escoamento superficial.

Entretanto, foram identificados setores que exigem maior atenção durante o planejamento da ocupação devido à concentração das linhas naturais de drenagem, à presença de talwegues e às áreas de convergência do escoamento superficial, aspectos que

serão considerados na proposição das diretrizes de infraestrutura apresentadas ao decorrer do trabalho.

5.1.3. Análise espacial do uso e ocupação do solo

O uso e a ocupação do solo representam importantes indicadores da dinâmica de transformação do espaço urbano, permitindo compreender o estágio de consolidação da área e a distribuição espacial dos diferentes elementos que compõem a paisagem. A interpretação dessas informações constitui uma etapa fundamental do planejamento urbano, pois subsidia a definição de diretrizes para expansão da malha urbana, implantação da infraestrutura e preservação dos recursos naturais (IBGE, 2013; MEDEIROS et al., 2023).

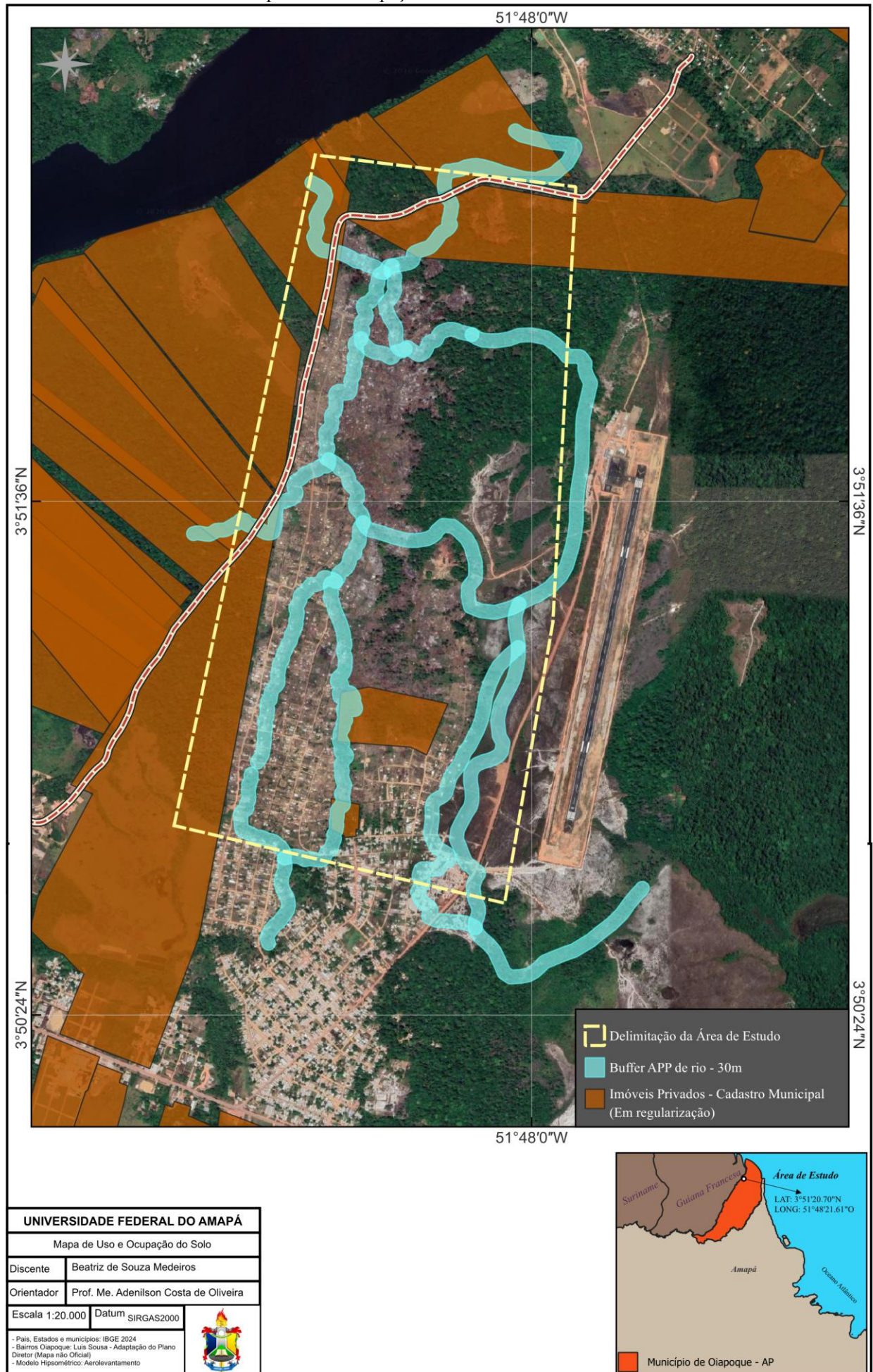
No Mapa 7 observa-se que a área de estudo compreende uma região caracterizada pela coexistência de áreas já ocupadas e setores ainda recobertos por vegetação, evidenciando um processo de expansão urbana em desenvolvimento. A ocupação concentra-se principalmente ao longo do sistema viário existente, apresentando maior adensamento nas porções sul e sudoeste da área, enquanto os setores centrais e norte ainda preservam extensas áreas não edificadas, que representam potencial para futuras intervenções urbanísticas.

Destaca-se ainda a presença de diversos cursos d'água distribuídos ao longo da área de estudo, cujas faixas de preservação permanente (APPs), representadas pelo buffer de 30 metros, constituem importantes condicionantes ambientais ao processo de ocupação. A manutenção dessas áreas é essencial para a conservação da drenagem natural, redução dos riscos de alagamentos e preservação das funções ecológicas associadas aos corpos hídricos, devendo ser considerada em qualquer proposta de expansão urbana.

O mapa também evidencia a existência de imóveis cadastrados pelo Município em processo de regularização fundiária, demonstrando que parte da ocupação já é objeto de planejamento e gestão territorial pela administração municipal. Essa informação reforça a compatibilidade entre a área selecionada para esta pesquisa e as diretrizes de desenvolvimento urbano estabelecidas pelo poder público local.

Dessa forma, a integração entre as informações de uso e ocupação do solo, da rede hidrográfica e da situação fundiária fornece uma base consistente para as análises desenvolvidas nos capítulos seguintes, permitindo identificar as áreas com maior aptidão para implantação de infraestrutura urbana, ao mesmo tempo em que respeita as restrições ambientais e territoriais existentes.

Mapa 7-Uso e ocupação do solo da área de estudo



O Mapa 7 apresenta a ortofoto da área de estudo, possibilitando a análise da configuração atual da ocupação. Observa-se que a urbanização se concentra predominantemente na porção oeste do polígono, onde há maior presença de edificações e de vias implantadas. Em contrapartida, a porção leste permanece, em sua maior parte, recoberta por vegetação, indicando reduzido grau de intervenção antrópica e disponibilidade territorial para futuras ações de planejamento urbano.

A distribuição das edificações evidencia um processo de ocupação gradual, caracterizado pela expansão do tecido urbano a partir das áreas já consolidadas em direção aos setores ainda preservados. Esse comportamento confirma o padrão de crescimento identificado no item 4.1 e demonstra que a expansão urbana vem ocorrendo de forma progressiva, acompanhando a abertura de novas vias de circulação.

Com o objetivo de compreender essa dinâmica espacial, foi realizada a vetorização da malha viária existente, apresentada no Mapa 7. A análise evidencia que o sistema viário é constituído predominantemente por vias vicinais, distribuídas de forma a atender a ocupação existente. Nota-se maior densidade de vias nos setores mais consolidados, enquanto as áreas ainda recobertas por vegetação apresentam reduzida infraestrutura de circulação, evidenciando o avanço gradual da urbanização sobre o território.

Também foi realizada a vetorização da drenagem natural da área, permitindo a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) mediante aplicação de faixa de proteção de 30 metros em cada margem dos cursos d'água com largura inferior a 10 metros, conforme estabelecido pela Lei nº 12.651/2012. O Mapa 7 demonstra que parte da rede hidrográfica atravessa a área de estudo, estabelecendo restrições ambientais que deverão ser consideradas durante o planejamento da ocupação e da implantação da infraestrutura urbana.

A análise integrada da ortofoto, da malha viária vetorizada e da rede hidrográfica evidencia que a ocupação existente se desenvolveu principalmente ao longo das vias já implantadas, enquanto as áreas de vegetação remanescente permanecem concentradas nos setores de menor intervenção e nas proximidades dos cursos d'água. Essa configuração demonstra que a área ainda apresenta significativo potencial para expansão

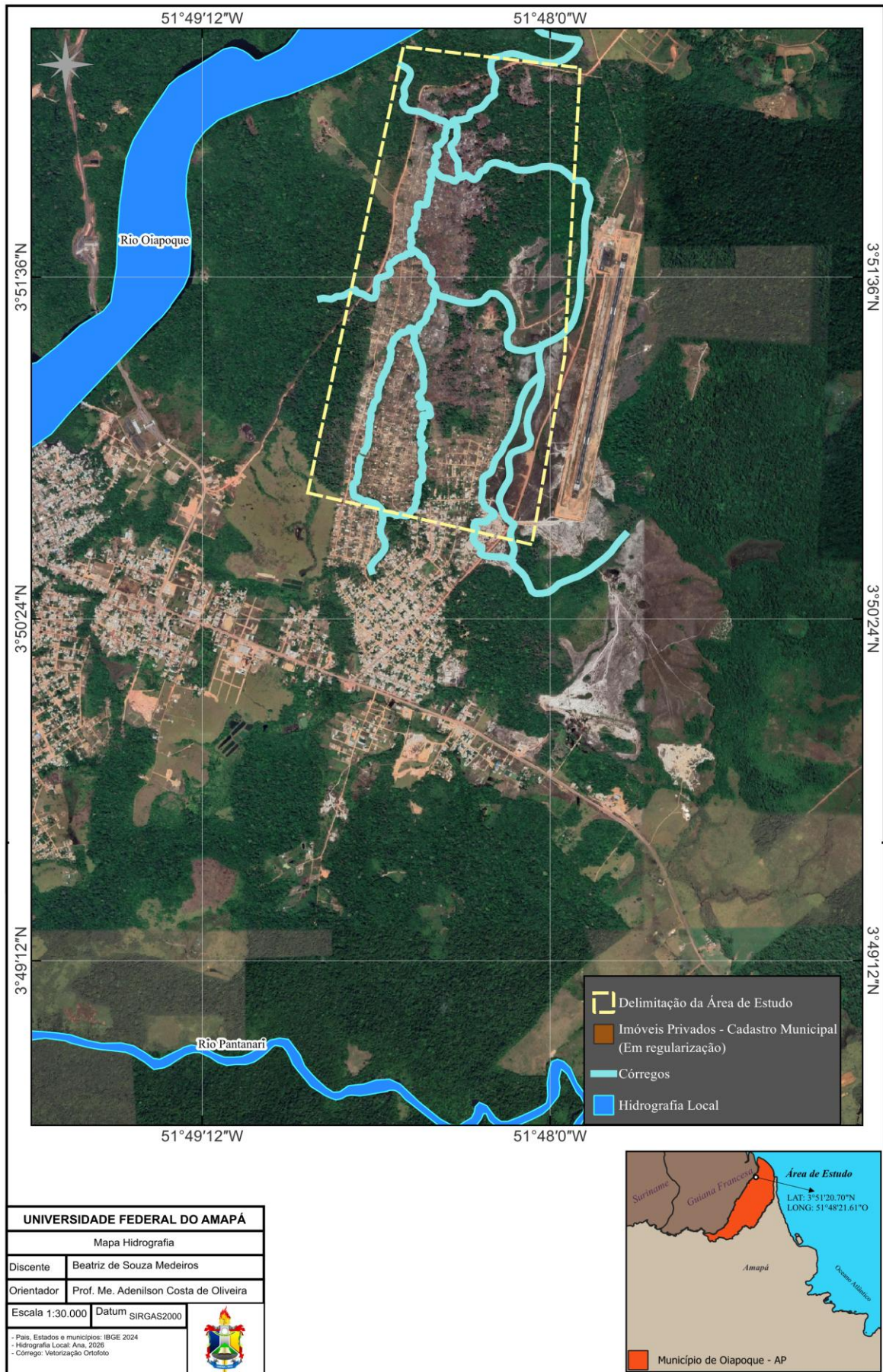
urbana, desde que o crescimento ocorra de forma compatível com as restrições ambientais e com a capacidade de implantação da infraestrutura necessária.

De modo geral, a interpretação espacial realizada permitiu identificar a coexistência de áreas consolidadas, setores em processo de ocupação e extensas áreas ainda não urbanizadas. Esse diagnóstico constitui a base para a definição das diretrizes de sistema viário, drenagem urbana e saneamento básico propostas durante o desenvolvimento do trabalho, buscando compatibilizar a expansão urbana com as características físicas e ambientais da área de estudo.

5.1.4. Áreas ambientalmente restritas

As Áreas de Preservação Permanente (APP) desempenham papel fundamental na proteção dos recursos hídricos e na manutenção do equilíbrio ambiental, constituindo restrições legais à ocupação do solo. Em áreas de expansão urbana, a identificação dessas faixas é essencial para orientar o planejamento territorial, evitando ocupações em locais ambientalmente sensíveis e contribuindo para a preservação das funções ecológicas dos cursos d'água (BRASIL, 2012; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2026).

Mapa 8- Hidrografia



Fonte: Autor (2026)

O Mapa 8 apresenta a delimitação das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo, obtida a partir da vetorização dos cursos d'água identificados na ortofoto e da aplicação de faixa de preservação de 30 metros em cada margem, conforme estabelecido pelo artigo 4º da Lei nº 12.651/2012 para cursos d'água naturais com largura inferior a 10 metros.

A análise espacial demonstra que parte significativa da rede hidrográfica atravessa o polígono estudado, formando corredores ambientais que deverão ser preservados durante o processo de expansão urbana. Observa-se ainda que as APPs se distribuem principalmente nos setores paralelo ao rio e próximo ao aeroporto, influenciando diretamente a disponibilidade de áreas aptas para ocupação e a definição das futuras diretrizes do sistema viário e da drenagem urbana.

Além da função ambiental, as APPs exercem importante papel hidrológico, favorecendo a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e contribuindo para a proteção dos cursos d'água contra processos erosivos e assoreamento. Dessa forma, sua preservação representa uma medida essencial para o desenvolvimento urbano sustentável da área de estudo.

5.1.5. Potencialidades e limitações de área para expansão urbana

Os resultados obtidos ao longo do diagnóstico territorial permitiram identificar aspectos que favorecem a ocupação urbana da área de estudo, bem como condicionantes que deverão ser considerados no planejamento de sua expansão. A análise integrada das informações espaciais demonstra que a área apresenta características compatíveis com a implantação de infraestrutura urbana, desde que observadas as limitações impostas pelas condições ambientais e pela configuração física do terreno.

Entre as principais potencialidades, destacam-se a proximidade com a malha urbana consolidada do município, a disponibilidade de áreas ainda não ocupadas, a existência de acesso por meio da malha viária já implantada e a predominância de relevo favorável à ocupação urbana. Além disso, a utilização de produtos obtidos por Aeronave Remotamente Pilotada permitiu identificar, com elevado nível de detalhamento, as características físicas da área, fornecendo informações relevantes para subsidiar o planejamento territorial.

Por outro lado, o diagnóstico também evidenciou limitações que deverão ser consideradas na definição das futuras intervenções. Destacam-se a presença de cursos d'água e de suas respectivas Áreas de Preservação Permanente, a necessidade de preservação da cobertura vegetal remanescente e a inexistência de infraestrutura urbana completa em parte da área estudada. Esses fatores exigem que o processo de ocupação seja conduzido de forma planejada, buscando minimizar os impactos ambientais e garantir a compatibilização entre o crescimento urbano e as características naturais do terreno.

Quadro 11— Síntese do diagnóstico da área

Aspecto analisado	Potencialidades	Limitações
Localização	Próxima a malha urbana consolidada	-
Topografia	Relevo favorável à ocupação	Setores que exigem atenção ao escoamento superficial
Uso e ocupação	Áreas disponíveis para expansão	Ocupação dispersa
Sistema viário	Existência de vias de acesso	Vias vicinais sem pavimentação
Aspectos ambientais	Cobertura vegetal remanescente	APP ao longo dos cursos d'água

Fonte: Autor (2026)

Dessa forma, o conjunto de análises desenvolvido neste capítulo constitui a base técnica para a elaboração das diretrizes de infraestrutura urbana apresentadas no capítulo seguinte. As propostas para o sistema viário, drenagem urbana e saneamento básico foram fundamentadas nas potencialidades e limitações identificadas no Quadro 11, visando orientar a expansão urbana da área de estudo de forma tecnicamente adequada e ambientalmente compatível.

5.2. Diretrizes Para Ocupação Da Área De Estudo – Nova Conquista

A elaboração da proposta de ocupação urbana iniciou-se com a vetorização da área, permitindo a organização espacial dos principais elementos territoriais identificados durante o diagnóstico. Conforme citado anteriormente, adotaram-se os princípios estabelecidos pela Norma de Referência nº 12 da ANA, que orienta o planejamento urbano sensível à água por meio da integração entre as infraestruturas verde, azul e cinza (Mapa 8).

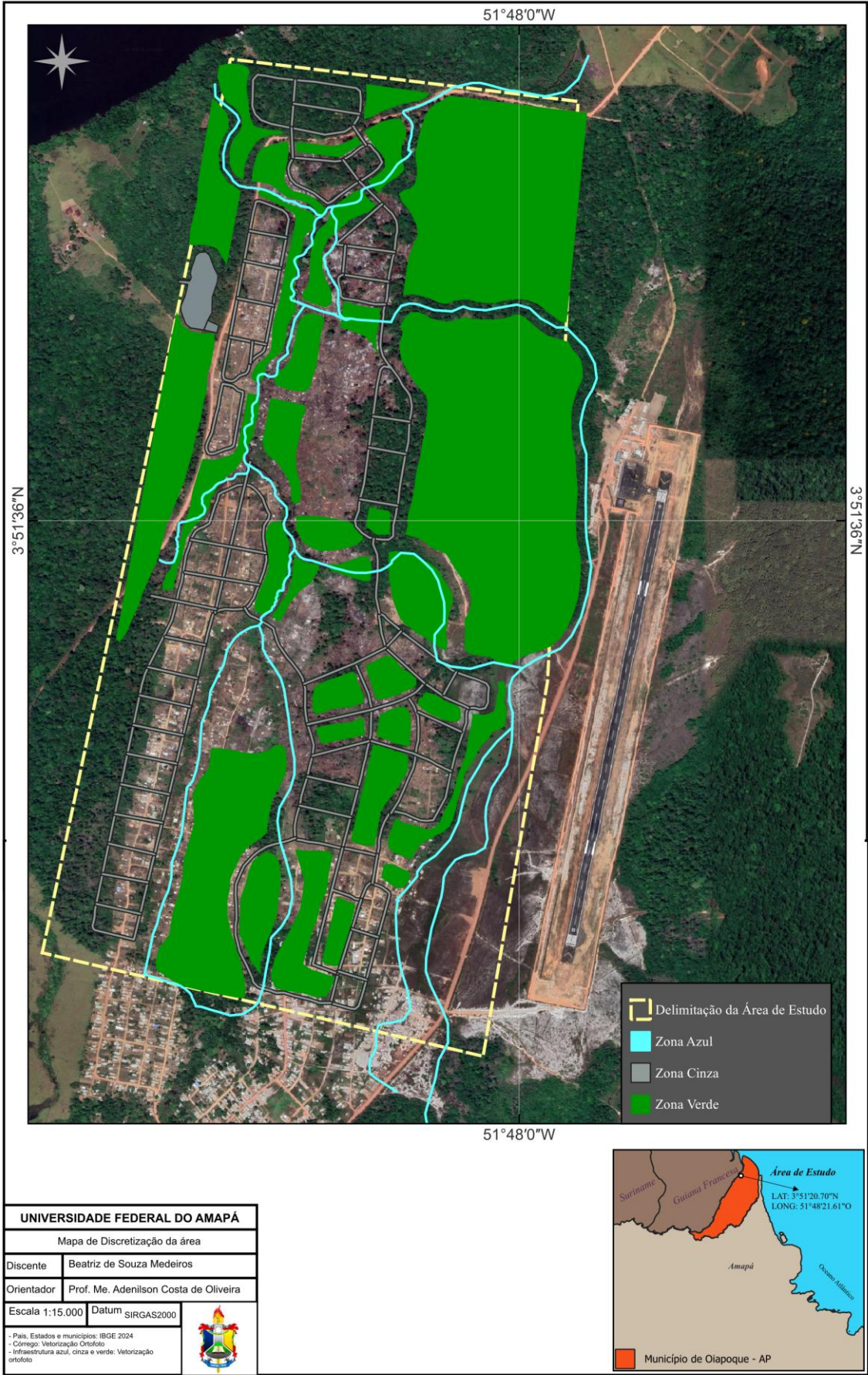
Essa abordagem possibilita correlacionar o crescimento urbano com a preservação ambiental e o manejo sustentável das águas pluviais, reduzindo os impactos decorrentes da impermeabilização do solo e promovendo maior resiliência urbana.

Com base nesse modelo, procedeu-se à identificação funcional da área em zonas temáticas, considerando as características físicas, ambientais e urbanísticas previamente identificadas. A infraestrutura verde foi destinada à conservação da cobertura vegetal e à proteção das áreas ambientalmente sensíveis, contribuindo para a infiltração das águas pluviais, melhoria do microclima e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

A infraestrutura azul foi definida para organizar os elementos relacionados ao manejo das águas pluviais, incluindo corredores naturais de drenagem, dispositivos de retenção e infiltração e demais soluções baseadas na natureza. Já a infraestrutura cinza compreendeu os elementos convencionais da urbanização, como o sistema viário, pavimentação, calçadas, parques para esportes e utilizados em caso de necessidade, como bacia de retenção, além dos demais componentes necessários ao funcionamento da infraestrutura urbana.

A partir dessa estrutura inicial, a proposta foi adaptada às necessidades específicas da área de expansão Nova Conquista (Mapa 9) mediante a criação de zonas complementares destinadas à organização da ocupação urbana e à implantação de equipamentos públicos. Essa adaptação permitiu compatibilizar as diretrizes da NR nº 12 da ANA com a realidade local, estabelecendo uma organização territorial integrada, na qual os sistemas ambiental, viário e de drenagem atuam de forma complementar para orientar a expansão urbana de maneira sustentável.

Mapa 9-Modelo funcional da área de estudo baseada nos princípios da infraestrutura verde, azul e cinza da Norma de Referência e Saneamento Básico (ANA), adaptada à proposta de ocupação urbana da área de expansão Nova Conquista.



Fonte: Autor (2026)

Após a elaboração do diagnóstico territorial e da definição das áreas mais adequadas à ocupação urbana, foi desenvolvido um modelo conceitual de organização espacial para a área de estudo, apresentado no Mapa 10. A proposta sintetiza as diretrizes urbanísticas estabelecidas ao longo desta pesquisa, integrando planejamento territorial, mobilidade urbana, infraestrutura e drenagem sustentável em uma única representação gráfica. Dessa forma, o modelo passa a orientar não apenas a ocupação do solo, mas também a implantação dos principais elementos estruturadores do bairro.

Mapa 10- Proposta de ocupação regular da área de estudo



Fonte: Autor adaptado OPENAI. ChatGPT (2026)

A organização espacial foi estruturada por meio de zonas funcionais, utilizando como referência os princípios da infraestrutura Verde, Azul e Cinza estabelecidos pela Norma de Referência nº 12 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para o planejamento urbano sensível à água. Considerando as necessidades identificadas durante o diagnóstico territorial, essa estrutura foi adaptada à realidade local mediante a incorporação da Zona Institucional e Comunitária (ZIC), destinada à implantação dos principais equipamentos públicos necessários ao atendimento da futura população.

A Zona de Urbanização Prioritária (ZUP) foi definida para concentrar a expansão da ocupação urbana, reunindo os setores que apresentam melhores condições topográficas, menor restrição ambiental e maior facilidade para implantação da infraestrutura urbana. A concentração da ocupação nessas áreas busca reduzir custos de implantação, favorecer a continuidade da malha urbana existente e evitar a expansão desordenada sobre setores ambientalmente sensíveis.

Complementando essa organização territorial, a Zona Institucional e Comunitária (ZIC) foi planejada para receber equipamentos públicos como escola, Unidade Básica de Saúde (UBS), praça pública, centro comunitário e terminal de transporte coletivo. A concentração desses equipamentos em posição estratégica amplia a acessibilidade da população, reduz deslocamentos e fortalece a estrutura urbana proposta.

A preservação ambiental é representada pela Zona Verde de Conservação (ZVC), destinada à manutenção da cobertura vegetal remanescente, proteção das Áreas de Preservação Permanente (APP) e formação de corredores verdes integrados ao espaço urbano. Além de sua importância ecológica, essa zona contribui para a infiltração das águas pluviais, melhoria do microclima urbano e redução dos efeitos decorrentes da impermeabilização do solo.

Como elemento estruturador do manejo das águas pluviais, destaca-se a Zona Azul de Drenagem Urbana (ZAD), composta pelos corredores naturais de drenagem, jardins de chuva, valetas vegetadas e demais dispositivos destinados à condução, infiltração, retenção e amortecimento das vazões superficiais. Essa organização segue os princípios da drenagem urbana sustentável, priorizando o controle do escoamento próximo à sua origem e reduzindo a dependência exclusiva das soluções convencionais de drenagem.

A infraestrutura convencional foi representada pela Zona Cinza de Infraestrutura Urbana (ZCI), responsável pelo suporte físico da ocupação. Nessa zona concentram-se o sistema viário, pavimentação, calçadas, dispositivos de drenagem convencional e demais elementos necessários ao funcionamento da cidade. Sua implantação foi concebida de forma integrada às infraestruturas verde e azul, permitindo que os diferentes sistemas atuem de maneira complementar.

A proposta do sistema viário foi organizada segundo uma hierarquia funcional composta por vias principais, coletoras e locais, permitindo distribuir adequadamente os fluxos de circulação e organizar o crescimento urbano. Como complemento à mobilidade, prevê-se a implantação de infraestrutura cicloviária integrada às vias estruturais, promovendo deslocamentos não motorizados e ampliando a acessibilidade entre os diferentes setores do bairro.

No sistema de manejo das águas pluviais, destaca-se a implantação de uma bacia de retenção posicionada estrategicamente no ponto de convergência do escoamento superficial identificado durante as análises topográficas. Sua função consiste em armazenar temporariamente parte do volume escoado durante eventos chuvosos intensos, reduzindo os picos de vazão lançados à jusante, minimizando riscos de alagamentos e contribuindo para a proteção dos cursos d'água existentes. Quando integrada às áreas verdes, a bacia passa ainda a desempenhar funções paisagísticas, ambientais e recreativas, reforçando o conceito de infraestrutura multifuncional.

Concluída a definição da ocupação urbana e da infraestrutura proposta para a área de expansão Nova Conquista, torna-se necessária a apresentação das diretrizes adotadas para o sistema de microdrenagem urbana. Esse sistema foi concebido com o objetivo de promover a coleta, condução e controle das águas pluviais geradas na área urbanizada, reduzindo os riscos de alagamentos e assegurando a compatibilização entre a expansão urbana e a dinâmica natural do escoamento superficial.

5.2.1. Diretrizes para o sistema de microdrenagem urbana

A definição do sistema de microdrenagem urbana constituiu uma das principais diretrizes da proposta de ocupação da área de expansão Nova Conquista, uma vez que a rápida urbanização tende a aumentar a impermeabilização do solo e, conseqüentemente, o volume de escoamento superficial.

Portanto, o sistema foi concebido de forma integrada ao planejamento viário e às características topográficas da área de estudo, buscando promover a coleta, condução, infiltração e amortecimento das águas pluviais por meio da associação entre dispositivos convencionais de drenagem e soluções baseadas na natureza. Essa abordagem está alinhada aos princípios da drenagem urbana sustentável, que priorizam o controle do escoamento próximo à sua origem e a redução dos impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico (TUCCI, 2012; ANA, 2024; UNIFAP, 2024).

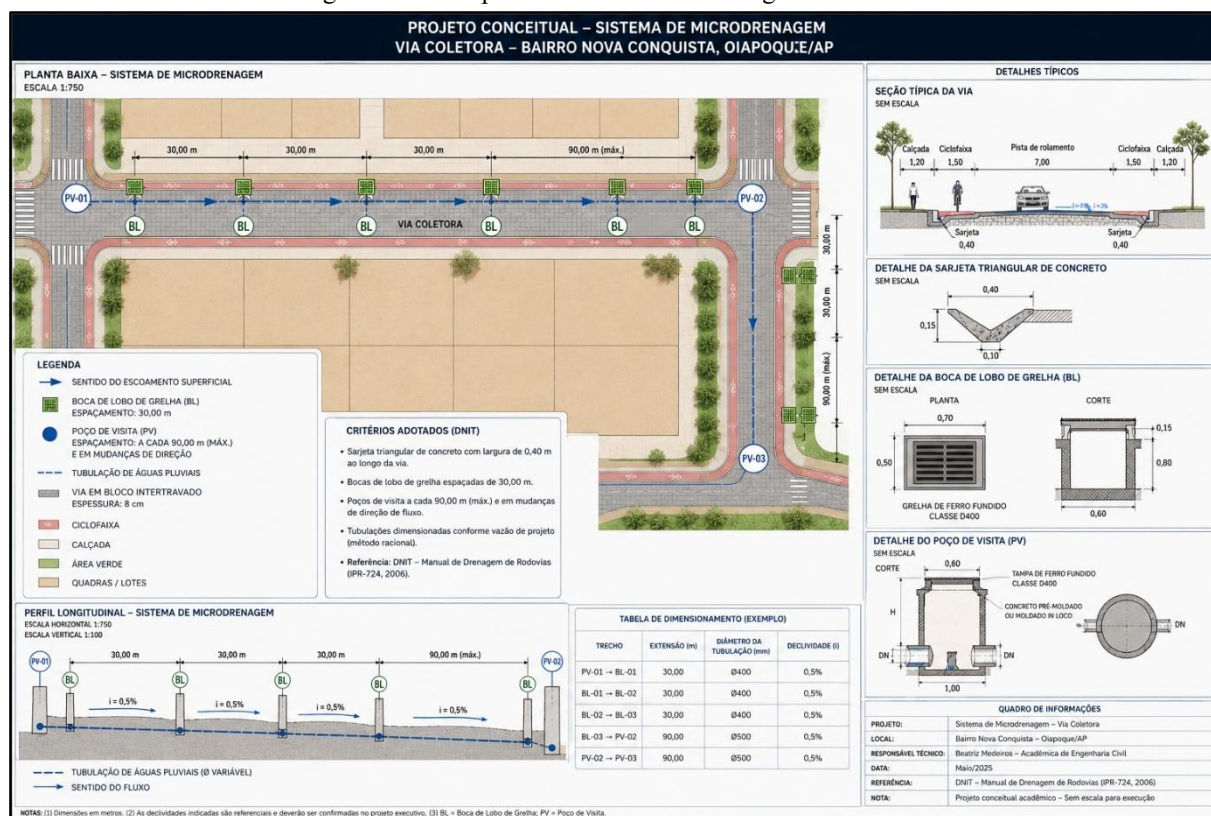
A concepção da microdrenagem baseou-se na análise do Modelo Digital do Terreno (MDT) e do comportamento do escoamento superficial obtido por meio das análises espaciais realizadas em ambiente de SIG. Essas informações permitiram identificar as linhas preferenciais de fluxo, os pontos de convergência das águas pluviais e as áreas com maior potencial de acúmulo, subsidiando o posicionamento dos dispositivos de drenagem ao longo da malha viária proposta.

Dessa forma, buscou-se aproveitar a declividade natural do terreno para conduzir as águas por gravidade, reduzindo a necessidade de intervenções que alterassem significativamente a configuração topográfica da área e promovendo maior eficiência hidráulica do sistema (TUCCI, 2012; ANA, 2024).

A proposta de microdrenagem foi estruturada a partir da implantação de dispositivos destinados à coleta, condução e encaminhamento das águas pluviais superficiais, compreendendo sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias subterrâneas, conforme apresentado na Figura 26.

As sarjetas, implantadas ao longo das vias, têm a função de conduzir longitudinalmente o escoamento superficial proveniente da pista de rolamento até os pontos de captação, protegendo simultaneamente o pavimento contra processos erosivos, com base no Manual do Dnit, as dimensões desse dispositivo, deverá levar em conta, todos os fatores que influenciam no aumento da impermeabilidade do solo, bem como, o índice de precipitação local.

Figura 26- Exemplo sistema de microdrenagem em uma via coletora



Fonte: Adaptado OPENAI (2026)

As bocas de lobo, estão espaçadas na Figura 24, a cada 30 metros, conforme orienta a Cartilha IV do TEDPLAN. Esses componentes recebem essas vazões e as transferem para as galerias subterrâneas, enquanto os poços de visita possibilitam inspeções, limpeza e manutenção da rede, assegurando seu adequado funcionamento operacional.

A localização das bocas de lobo se deu, preferencialmente, através da distribuição nos pontos de convergência do escoamento superficial identificados por meio da modelagem do relevo, permitindo que as águas captadas pelas sarjetas fossem encaminhadas às galerias subterrâneas e, posteriormente, direcionadas à bacia de retenção prevista na proposta urbanística.

Complementando o sistema convencional de microdrenagem, a proposta incorpora soluções baseadas na natureza, em consonância com os princípios da infraestrutura verde e azul adotados neste trabalho. Entre essas soluções destacam-se os jardins de chuva, as valetas vegetadas e o emprego de pavimentos intertravados drenantes, dispositivos que atuam na retenção temporária, infiltração e amortecimento do escoamento superficial antes de seu ingresso na rede de galerias.

Além de reduzir os volumes e as vazões de pico, essas técnicas favorecem a recarga do solo, melhoram a qualidade das águas pluviais por meio da retenção de sedimentos e contribuem para minimizar os impactos decorrentes da impermeabilização provocada pela urbanização. Essa abordagem está alinhada às diretrizes da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para a infraestrutura verde-azul e às recomendações do Projeto TEDPLAN para a adoção de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) em municípios amazônicos.

As águas pluviais coletadas pelo sistema de microdrenagem são conduzidas até a bacia de retenção proposta para a área de estudo, posicionada estrategicamente no ponto de convergência do escoamento superficial identificado durante as análises topográficas. Esse dispositivo tem a função de armazenar temporariamente parte do volume escoado durante eventos chuvosos intensos, promovendo o amortecimento das vazões de pico antes do lançamento controlado no corpo hídrico receptor.

Dessa forma, o sistema proposto reduz os riscos de alagamentos, minimiza processos erosivos e contribui para a preservação da drenagem natural existente. A integração entre dispositivos convencionais de microdrenagem e soluções baseadas na natureza evidencia uma abordagem de planejamento urbano sensível à água, na qual a infraestrutura cinza atua de forma complementar às infraestruturas verde e azul, promovendo maior eficiência hidráulica, segurança urbana e sustentabilidade ambiental da área de expansão Nova Conquista (DNIT, 2006; ANA, 2024).

5.2.2. Infraestrutura viária e pavimentação urbana

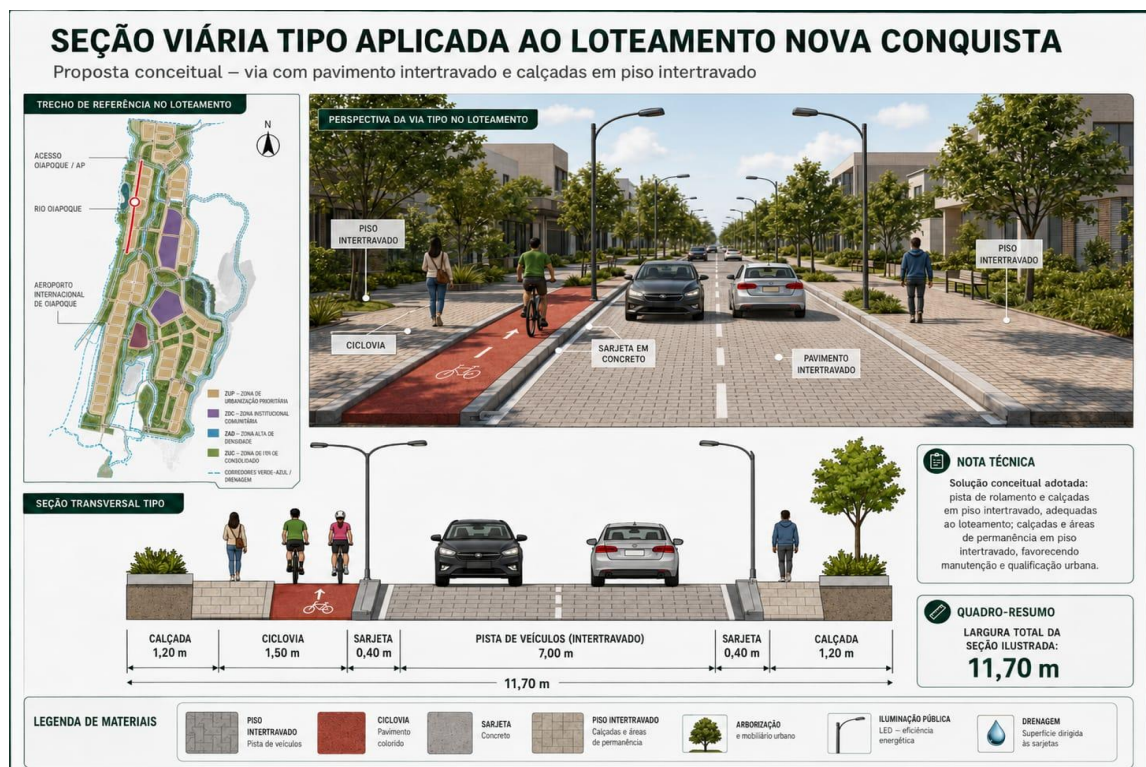
A implantação da infraestrutura viária representa um dos principais elementos estruturadores da ocupação urbana, uma vez que organiza a circulação de pessoas e veículos, viabiliza a implantação das redes de infraestrutura urbana e orienta o crescimento ordenado do parcelamento do solo.

Como solução para o revestimento das vias, foi proposto o emprego de pavimento intertravado de concreto, popularmente conhecido como paver (Figura 25). Levando em consideração as características da área de estudo e dos objetivos da proposta urbanística, priorizou-se uma solução de elevada durabilidade, facilidade de execução e manutenção, além da possibilidade de remoção localizada para intervenções futuras em redes subterrâneas de abastecimento, drenagem e demais infraestruturas urbanas.

Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland, o pavimento intertravado apresenta elevada resistência mecânica, rapidez construtiva e reduzidos custos de manutenção quando comparado a sistemas convencionais de pavimentação. A estrutura proposta é composta por blocos pré-moldados de concreto assentados sobre uma camada de areia, apoiada em base granular drenante e sub-base devidamente compactada, distribuindo as cargas ao subleito previamente regularizado.

O intertravamento entre as peças proporciona adequada distribuição dos esforços provenientes do tráfego, enquanto as juntas preenchidas com material granular permitem pequenas deformações sem comprometer o desempenho estrutural do pavimento. Essa configuração favorece a manutenção corretiva e preventiva, uma vez que possibilita a retirada e reinstalação dos blocos sem necessidade de demolições extensivas, característica particularmente vantajosa em áreas urbanas em processo de consolidação. A Figura 27 apresenta a seção transversal típica proposta para as vias locais da área de expansão. O dimensionamento adotado contempla pista de rolamento com largura total de 7,00 m, permitindo circulação em duplo sentido, associada a ciclofaixa unidirecional de 1,50 m, calçada com largura mínima de 1,20 m e sarjeta de concreto com 0,40 m destinada à condução das águas pluviais superficiais.

Figura 27 - Exemplo de seção viária proposto



Fonte: Adaptado OPENAI (2026)

Outro aspecto relevante refere-se ao desempenho hidráulico do pavimento intertravado quando associado a camadas drenantes. Diferentemente dos revestimentos impermeáveis convencionais, essa solução permite maior infiltração das águas pluviais por meio das juntas entre os blocos e das camadas granulares inferiores, reduzindo o volume de escoamento superficial encaminhado ao sistema de microdrenagem.

Conforme destacado pelo Projeto TEDPLAN destaca a adoção de pavimentos permeáveis ou semipermeáveis (Figura 28) constitui uma das principais técnicas dos Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS), contribuindo para o amortecimento das vazões de pico, recarga do solo e mitigação dos impactos decorrentes da impermeabilização urbana.

Figura 28- Exemplo de estrutura de pavimentos permeáveis



Fonte: Adaptado OPENAI (2026)

Além da circulação de veículos, a proposta buscou contemplar os princípios da mobilidade urbana sustentável por meio da implantação de infraestrutura destinada aos modos ativos de deslocamento. Nesse sentido, a previsão de ciclofaixa com largura de 1,50 m e calçadas com largura mínima de 1,20 m visa proporcionar maior segurança, acessibilidade e conforto aos usuários, incentivando os deslocamentos a pé e por bicicleta e reduzindo conflitos entre pedestres, ciclistas e veículos motorizados.

A adoção desses elementos amplia o acesso da população aos equipamentos públicos previstos na proposta urbanística e está alinhada aos princípios da Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei nº 12.587/2012, bem como às disposições da Lei nº 10.098/2000, que estabelece normas gerais para a promoção da

acessibilidade, e aos critérios técnicos definidos pela ABNT NBR 9050:2020, que orienta o planejamento de espaços urbanos acessíveis e inclusivos.

Além de contribuir para a mobilidade urbana, a solução adotada reforça os princípios da infraestrutura verde, azul e cinza utilizados na proposta de ocupação territorial, integrando o sistema viário às estratégias de manejo sustentável das águas pluviais e promovendo maior resiliência da infraestrutura frente aos eventos hidrológicos característicos da região amazônica.

Em conjunto, as diretrizes propostas demonstram que o planejamento da expansão urbana pode ser conduzido de forma integrada, articulando infraestrutura cinza, verde e azul em um único modelo de ocupação territorial. Essa abordagem favorece a compatibilização entre desenvolvimento urbano, preservação ambiental e manejo sustentável das águas pluviais, fornecendo uma base técnica para futuras intervenções na área de expansão Nova Conquista.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo propor diretrizes para ocupação urbana de uma área em expansão no bairro Nova Conquista, município de Oiapoque/AP, utilizando geotecnologias como ferramenta de apoio ao planejamento territorial. A integração entre produtos obtidos por Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), Imagens SRTM, processamento fotogramétrico e análises realizadas em ambiente SIG possibilitou caracterizar as condições físicas e ambientais da área de estudo, fornecendo informações técnicas para subsidiar a elaboração de uma proposta conceitual de ocupação urbana compatível com as características locais.

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização integrada das geotecnologias constitui uma metodologia eficiente para responder ao problema de pesquisa proposto, evidenciando que a análise espacial é capaz de identificar condicionantes físicos fundamentais ao planejamento da infraestrutura urbana.

A caracterização do relevo, da declividade, da drenagem natural, do uso e ocupação do solo e das restrições ambientais permitiu compreender a dinâmica territorial da área e fundamentar tecnicamente as diretrizes de ocupação propostas, demonstrando que decisões relacionadas à implantação da infraestrutura podem ser orientadas por critérios objetivos obtidos por meio do geoprocessamento.

A proposta urbanística elaborada buscou compatibilizar crescimento urbano, preservação ambiental e implantação da infraestrutura, adotando como referência os princípios da Infraestrutura Verde, Azul e Cinza, conforme a Norma de Referência nº 12 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), incorporando ainda uma Zona Institucional e Comunitária destinada à implantação de equipamentos públicos.

A definição da hierarquia viária, a proposição de soluções de microdrenagem sustentável, a preservação das Áreas de Preservação Permanente e a organização espacial da ocupação evidenciam que o planejamento prévio do território pode reduzir conflitos entre urbanização e meio ambiente, contribuindo para a construção de espaços urbanos mais resilientes, funcionais e ambientalmente compatíveis, especialmente em municípios amazônicos sujeitos à rápida expansão urbana.

Para a Engenharia, a principal contribuição desta pesquisa consiste na demonstração de que as geotecnologias podem ser incorporadas às etapas iniciais do

planejamento urbano como instrumento de apoio à tomada de decisão. Diferentemente de estudos voltados apenas ao diagnóstico territorial.

Este trabalho resultou na elaboração de um modelo conceitual de ocupação urbana fundamentado em critérios técnicos, integrando análises topográficas, ambientais e hidrológicas à proposição de infraestrutura viária e de drenagem. Dessa forma, evidencia-se que o conhecimento prévio das características físicas do terreno constitui elemento essencial para reduzir incertezas, otimizar futuras intervenções de engenharia e orientar o desenvolvimento urbano de forma mais eficiente e sustentável.

Entretanto, a proposta apresentada possui caráter conceitual e destina-se ao apoio ao planejamento territorial, não substituindo os projetos executivos necessários à implantação da infraestrutura urbana. As principais limitações da pesquisa estão relacionadas à ausência de levantamentos topográficos de alta precisão, investigações geotécnicas, ensaios de infiltração, estudos hidrológicos e hidráulicos detalhados, análises ambientais específicas e verificações fundiárias em campo, etapas indispensáveis para o dimensionamento definitivo das obras de engenharia. Essas limitações, contudo, não comprometem os objetivos da pesquisa, uma vez que o estudo foi desenvolvido para subsidiar a fase preliminar de planejamento urbano e definição de diretrizes técnicas.

Para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento da proposta mediante a elaboração dos projetos executivos do sistema viário e da microdrenagem urbana, complementados por levantamentos topográficos de alta precisão, estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, análises de tráfego e avaliações de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Recomenda-se, ainda, a aplicação de modelos computacionais para simulação hidrológica e hidráulica, bem como a utilização de modelagem tridimensional e metodologias BIM, permitindo avaliar o desempenho das soluções propostas e ampliar sua aplicabilidade em futuros empreendimento urbanos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025. Aprova a Norma de Referência nº 12/2025 que dispõe sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245>. Acesso em: 3 jul. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Manual orientativo sobre a Norma de Referência ANA nº 12/2025: estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Brasília, DF: ANA, 2025. 129 p

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal. 2. ed. Brasília, DF: ADASA; UNESCO, 2023

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE MATO GROSSO DO SUL (AGEMS). Saneamento: AGEMS avança na regulação da drenagem urbana e presta apoio aos municípios nesse desafio. Campo Grande: AGEMS, [2024]. Disponível em: <https://www.agems.ms.gov.br/saneamento-agems-avanca-na-regulacao-da-drenagem-urbana-e-presta-apoio-aos-municipios-nesse-desafio/>. Acesso em: 24 jun. 2026.

ALMEIDA, Ariany Santos et al. A influência do uso e ocupação do solo para qualidade de água da bacia do Mucugê, município de Porto Seguro-Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 18, n. 5, p. 3682-3696, 2025.

ANGEL, Shlomo et al. Atlas of Urban Expansion: the 2016 edition. Volume 1: Areas and Densities. New York: New York University; Nairobi: UN-Habitat; Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2016

ARAUJO, Deividy Kaik de Lima; SILVA, Rosangela Moraes da. Integração de técnicas de drenagem urbana sustentável e mobilidade ativa: avanços, desafios e perspectivas para cidades inteligentes e resilientes no Brasil. In: *WORKSHOP INTERNACIONAL SUSTENTARE & WIPIS 2025 – Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos*, 2025.

ARAÚJO, Girlene Lima de et al. Processo de urbanização e relação com o meio ambiente e recursos hídricos: do contexto histórico à ocupação da bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, em Rio Branco, Acre. *Revista Caderno Pedagógico*, Curitiba, v. 22, n. 4, p. 1-32, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n4-026>

AREAL, Patrícia Valéria Vaz. Novo marco legal do saneamento básico: uma análise a partir das concessões dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário realizados nos estados de Alagoas, Amapá e Rio de Janeiro. 2023. 165 f. Dissertação (Mestrado em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas) – Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, DF, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16636-3:2020: elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos: Parte 3: projeto urbanístico. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050:2020. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Pavimento intertravado de concreto. São Paulo: ABCP. Disponível em: <https://abcp.org.br>. Acesso em: 7 jul. 2026.

BATTEMARCO, Bruna Peres et al. Sistemas de espaços livres e drenagem urbana: um exemplo de integração entre o manejo sustentável de águas pluviais e o planejamento urbano. Paisagem e Ambiente: Ensaios, São Paulo, n. 42, p. 55-74, jul./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i42p55-74>.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 2008

BEZERRA, David de Sousa et al. Proposição de infraestruturas sustentáveis de drenagem urbana: estudo de caso área Mansões Paraíso, Gama (DF). Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aracaju, v. 12, n. 11, p. 135-151, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0013>

BECKER, Bertha K. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? Parcerias Estratégicas, Brasília, n. 12, set. 2001, p. 135-159.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências (Estatuto da Cidade). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 3 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 3 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.036, de 11 de maio de 1990, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: Portal da Legislação – Lei nº 11.445/2007. Acesso em: 5 mai. 2026

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre os serviços públicos de saneamento básico, entre outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: Portal da Legislação – Lei nº 14.026/2020. Acesso em: 6 mai. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 5. ed. Brasília, DF: Funasa, 2019

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 6 mai. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 7 mai. 2026.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana.

BRITO, Fábio Sergio Lima; BARROS, Karoline da Costa; RODRIGUES DE AGUIAR, Claudinei. Vigilância da qualidade da água tratada usando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) no Município de Belém, Pará, "Brasil. Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 741–762, 2024. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2024.17.3.87671. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/87671>. Acesso em: 23 jun. 2026.

CHAGAS, Felipe Augusto Ferreira das. Aplicação de técnicas de aerofotogrametria e vetorização no planejamento de áreas de expansão urbana: estudo de caso: Novos Bairros no município de Oiapoque/AP. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). Portal da Confederação Nacional de Municípios. Brasília, DF. Disponível em: <https://cnm.org.br>. Acesso em: 2 jun. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). Pavimentação urbana: orçamento e custos. Brasília, DF: CONFEA/CREA, 2005. 216 p. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/2019-05/LIVRO_ROMALDO_ORCAMENTOS_E_CUSTOS.pdf. Acesso em: 10 jun. 2026

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. Publicação IPR-715. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de drenagem de rodovias. Publicação IPR-724. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Drenagem – sarjetas e valetas – especificação de serviço. Brasília, DF: DNIT, 2023. (Norma DNIT 018/2023-ES)

FARIAS, André et al. Grandes projetos urbanos e distribuição desigual dos danos e riscos na Amazônia: o caso da macrodrenagem da Bacia da Estrada Nova, em Belém (PA). OKARA: Geografia em Debate, João Pessoa, v. 17, n. 2, p. 368-379, 2023.

FERGUSON, B. K. Porous Pavements. Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.

FERREIRA, Simone Dias; FERREIRA, José Francisco de Carvalho; TOSTES, José Alberto. A lógica da ação coletiva e o processo de construção do Plano Diretor de Oiapoque/AP. *Revista*

Brasileira de Desenvolvimento Regional, Blumenau, v. 10, n. 2, p. 5–31, 2022. DOI: <https://doi.org/10.7867/2317-5443.2022V10N2P005-031>

FERNANDES, Edésio. Desafios da regularização fundiária urbana no contexto da Lei Federal nº 13.465/2017. *Revista Brasileira de Direito Urbanístico – RBDU*, Belo Horizonte, ano 8, n. 15, p. 9-24, jul./dez. 2022.

FRUTUOSO, Gilciane Kariny da Costa et al. Inundações urbanas: um olhar para o planejamento urbano na revisão do plano diretor de Assú–RN, Brasil. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, Tupã, v. 8, n. 61, p. 118-133, 2020.

GEASA ENGENHARIA. Macrodrenagem. Belo Horizonte: Geasa Engenharia, [s.d.]. Disponível em: <https://geasaengenharia.com.br/servicos/macrodrenagem/>. Acesso em: 8 jul. 2026.

GHAEDI, Khaled et al. A literature review on the development of remote sensing in damage detection of civil structures. *Journal of Engineering Research and Reports*, v. 20, n. 10, p. 39-56, 2021. Article no. JERR.70931. DOI: <https://doi.org/10.9734/JERR/2021/v20i1017388>

GOÉS, David Souza. A garimpagem de ouro na ocupação, povoamento e definição dos limites entre Brasil e Guiana Francesa. *Fronteiras & Debates*, Macapá, v. 7, n. 1, p. 113-127, jan./jun. 2020. DOI: 10.18468/fronteiras.2020v7n1.p113-127.

GOOGLE LLC. Google Earth Pro ©. Mountain View, CA: 2026. Acesso em: 03 abr. 2026. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>.

GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ. Dados Geográficos. 2026. Disponível em: <https://ageamapa.portal.ap.gov.br/conteudo/por-que-o-amapa/dados-geograficos>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e estados do Brasil. Rio de Janeiro, 2026. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Manual de procedimentos metodológicos: delimitação de planícies de inundação e de áreas inundáveis. 1. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2023. 308 p. (IPT Publicação 3068).

ITUPORANGA (SC). Plano Diretor do Município de Ituporanga. Ituporanga: Prefeitura Municipal de Ituporanga. Disponível em: Plano Diretor de Ituporanga. Acesso em: 15 jun. 2026

LIMA, R. C. O.; ANDRADE, A. S. de; SOUZA JÚNIOR, G. P. Uso do sensoriamento remoto na construção civil: avaliação do uso do drone para levantamento topográfico. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL (CONEMI), 25., 2025. Federação Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial (FENEMI), 2025.

MARICATO, Ermínia. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. São Paulo: Vozes, 2001.

MARTINS, Mayara Janice; PALHARES, José Mauro; RAUBER, Alexandre Luiz. A geomorfologia urbana como subsídio para o planejamento territorial no município de Oiapoque-AP: o caso dos bairros Planalto e Nova União. William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, v. 4, n. 2, p. 1-17, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v4n2.2023.409>

MATOS, Ralfo; BAENINGER, Rosana. Migração e urbanização no Brasil: processos de concentração e desconcentração espacial e o debate recente. Cadernos do Leste, Belo Horizonte, edição especial, p. 342-361, 2008.

MEDEIROS, Mirela Oliveira et al. A relação entre ilhas de calor urbana superficial, ocupação do solo e conforto térmico: um estudo da cidade de João Pessoa, Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC), 17.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 13., 2023, São Paulo. Anais [...] São Paulo: ANTAC, 2023.

MELO, José Rinaldo Domingos de. BIM na engenharia civil. Revista de Educação, Práticas Interdisciplinares e Inovação Científica, v. 3, n. 2, p. 1-11, abr./jun. 2026. DOI: <https://doi.org/10.56579/epistimoniiki.v3i2.96>

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Desenvolvimento Urbano Integrado: caderno técnico. Brasília: Ministério das Cidades, 2026.

MORAES, Pedro Barreto de. Por um projeto unificado entre infraestrutura viária e cidade: lições e relações a partir do urbanismo moderno. Pós FAUUSP, São Paulo, v. 28, n. 53, e181928, jul./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.posfau.2021.181928>.

NOVAES, Carlos; MARQUES, Rui. Águas pluviais urbanas: o novo marco legal do saneamento no Brasil significa uma nova oportunidade rumo à universalização? Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Brasília, n. 29, p. 86-98, jan./jun. 2023.

OIAPOQUE (Município). Plano Diretor Participativo de Oiapoque: projeto de lei. Oiapoque: Prefeitura Municipal de Oiapoque, 2020.

OLIVEIRA, Erica Zanardo; SANTIAGO, Cristine Diniz; FERREIRA, Marcilene Dantas. Dinâmica dos vazios urbanos no limite da ocupação urbana do município de São Carlos, SP. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 2, p. 413-427, 2017.

PEREIRA, Rafael H. M. et al. Forma urbana e mobilidade sustentável: evidências de cidades brasileiras. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2022. (Texto para Discussão, n. 2802).

PIÉROLA, Luís Gregório; ALMEIDA, Paulo Santos de. Cidade sustentável: análise das delimitações de ocupação do solo, novo Plano Diretor Estratégico (Lei nº 16.050/2014) e minuta participativa do Projeto de Lei de Uso e Ocupação do Solo 2014 da cidade de São Paulo. Revista de Direito da Cidade, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 29-66, 2016. DOI: <https://doi.org/10.12957/rdc.2016.19809>

RAHMAN, Ismathinoon Abd et al. Technologies in urban planning: systematic review on unauthorized building modifications monitoring. COMPENDIUM by paperASIA, v. 40, n. 6B, p. 245-256, 2024. DOI: <https://doi.org/10.59953/paperasia.v40i6b.245>

SANTOS, Milton. A urbanização brasileira. São Paulo: HUCITEC, 1993

SANTOS, Juliana Moura; NASCIMENTO, Ana Paula Branco do. Soluções baseadas na natureza como ferramenta para drenagem urbana sustentável: conexões com ODS da Agenda 2030 da ONU e implicações para cidades. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, Tupã, v. 13, n. 47, 2025.

SASSINE, Vinicius; ALMEIDA, Lalo de. Antes de extração, projeto de petróleo na costa amazônica gera expansão de invasões. Folha de S.Paulo, São Paulo, 12 jul. 2026. Disponível em: Folha de S.Paulo. Acesso em: 12 jul. 2026.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). Manual de drenagem urbana: Região Metropolitana de Curitiba. Versão 1.0. Curitiba: SUDERHSA, 2002.

TANIGUCHI, Gustavo. URBTEC lança obra para difusão de conhecimentos urbanísticos. Caos Planejado, 19 out. 2023. Disponível em: <https://caosplanejado.com/urbtec-lanca-obra-ilustrada/>. Acesso em: 17 jun. 2026.

TUCCI, Carlos E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. Revista de Gestão de Águas da América Latina (REGA), Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da drenagem urbana. Brasília, DF: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL); Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli et al. Proposta de governança da regulação para drenagem e manejo de águas pluviais no Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre, v. 21, e9, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21168/rega.v21e9>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB): limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Coordenação e organização: Alan Cavalcanti da Cunha, Alaan Ubaiara Brito e Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha. Macapá: TEDPLAN: UNIFAP: FUNASA, 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ (UNIFAP). Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB): drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU). Macapá: UNIFAP, 2024.

VARDANEGA, Paul J. et al. Remote sensing for detecting and tracking damage on municipal infrastructure systems: a review of recent trends. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVOLVING CITIES, 5., 2025. Proceedings of the 5th International Conference on Evolving Cities. [S. l.]: Elsevier, 2025. Paper ID 1175. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020601003>

VASCONCELOS, Brychtn Ribeiro de; LIMA, Mirelle Tainá Vieira; PARANHOS FILHO, Antonio Conceição. Detecção de mudanças no uso e ocupação do solo no estado do Amazonas baseada nas classificações do Projeto MapBiomass. GeoFront, Campo Grande, v. 10, p. 1-21, e7773, 2024. DOI: <https://doi.org/10.30612/geof.v10i00.17773>

VIEGAS, Clezio Junior Teixeira et al. Variação geoespacial de indicadores de saneamento básico e de saúde dos ex-territórios federais na Amazônia. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 17, n. 2, p. 1038-1059, 2024.

VILLAÇA, Flávio. Espaço intra-urbano no Brasil. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

WANG, Ting; MA, Lizhu; QI, Qinghui. Application of remote sensing image in civil engineering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL ENGINEERING AND GEOSCIENCE (ICCEGE), 2020. E3S Web of Conferences, Les Ulis, v. 206, art. 01003, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020601003>

A ferramenta ChatGPT (OpenAI, versão GPT-5.5) foi utilizada como apoio tecnológico na espacialização de dados e na elaboração preliminar de representações aplicadas ao

planejamento urbano. Todo o conteúdo técnico, as análises, as decisões metodológicas e a validação dos resultados são de responsabilidade da autora.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Mapas de Novas Conquista/Oiapoque



APÊNDICE B – Prompt elaborado para espacializar a ocupação do solo da área de estudo

Atue como arquiteto urbanista sênior, especialista em planejamento urbano, desenho urbano, ordenamento territorial, infraestrutura urbana, drenagem urbana sustentável, mobilidade urbana e legislação urbanística brasileira, com apoio técnico de engenharia civil. Você receberá uma imagem contendo o polígono da área considerada tecnicamente propícia para intervenção urbana no bairro Nova Conquista, em Oiapoque/AP.

Essa área já foi previamente selecionada por mim com base em análise hipsométrica, topográfica e ambiental. Portanto, não será necessário excluir áreas de cotas muito altas ou muito baixas, pois o polígono fornecido já representa a área preliminarmente apta para receber diretrizes de ocupação, infraestrutura, drenagem e pavimentação.

A imagem também poderá conter marcações indicando o sentido preferencial do escoamento superficial, os caminhos previstos para condução da drenagem e a localização sugerida para a bacia de retenção de águas pluviais. Essas marcações deverão ser obrigatoriamente respeitadas no desenho urbano proposto. A tarefa é gerar uma imagem técnica em planta baixa, vista superior ortogonal, contendo uma proposta conceitual de ordenamento territorial para o polígono fornecido, com sistema viário, quadras ou macroquadras, áreas institucionais e comunitárias, zonas verdes, zonas azuis de drenagem, zonas cinzas de infraestrutura urbana e área destinada à bacia de retenção. Não deverá ser feito traçado de lotes individuais. A proposta deverá trabalhar apenas com organização territorial preliminar, quadras ou macroquadras, áreas públicas, áreas institucionais, áreas verdes, áreas azuis de drenagem e sistema viário conceitual.

O objetivo é evitar caracterização de projeto formal de loteamento ou parcelamento definitivo do solo. A imagem gerada será utilizada posteriormente como base visual para vetorização no AutoCAD Civil 3D. Portanto, o desenho deve ser limpo, técnico, legível, com eixos viários claros, quadras ou macroquadras bem definidas, zonas facilmente identificáveis e geometria adequada para visualização no Civil 3D. Não redesenhe o polígono original fora dos limites fornecidos. Não expanda a ocupação para fora da área indicada. Não altere o sentido da drenagem informado pelo usuário. Não reposicione a bacia de retenção para outro local, salvo se houver justificativa técnica expressa e apenas como sugestão alternativa.

A proposta deverá ter caráter preliminar, acadêmico e conceitual, servindo como apoio ao Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, cujo objetivo é propor diretrizes preliminares de ordenamento territorial e infraestrutura urbana para a área de expansão do bairro Nova Conquista, com ênfase em drenagem e pavimentação. A proposta não deve ser apresentada como projeto urbanístico executivo, projeto legal de loteamento, projeto aprovado, projeto arquitetônico, projeto de engenharia definitivo ou proposta apta à implantação sem validação técnica, legal, ambiental e profissional.

Objetivo da imagem:

Gerar uma planta técnica conceitual contendo:

1. limite do polígono de estudo;
2. sistema viário conceitual;
3. hierarquia de vias;
4. quadras ou macroquadras;
5. áreas institucionais e comunitárias;
6. zonas verdes de conservação;
7. zonas azuis de drenagem urbana;
8. zona cinza de infraestrutura urbana;
9. bacia de retenção de águas pluviais;
10. acessos principais;
11. legenda;
12. escala gráfica;
13. seta norte;
14. identificação visual clara das zonas.

Não invente informações. É proibido inventar:

1. legislação municipal;
2. largura oficial de via municipal;
3. recuos; 4. índice de aproveitamento;
5. taxa de ocupação;
6. taxa de permeabilidade;
7. largura de calçada;

8. percentual obrigatório de área institucional;
9. percentual obrigatório de área verde;
10. limites de APP não fornecidos;
11. parâmetros hidráulicos;
12. dimensões de bocas de lobo, galerias, canais ou bacias;
13. informações ambientais não fornecidas;
14. dados fundiários;
15. aprovação municipal;
16. licenciamento ambiental;
17. Existência de plano diretor

Quando algum parâmetro não estiver disponível, escreva expressamente:

“Este parâmetro não foi definido com segurança porque a legislação municipal ou o dado técnico correspondente não foi fornecido. Portanto, foi adotada apenas uma diretriz preliminar de estudo acadêmico, condicionada à validação posterior.”

A proposta deverá respeitar a seguinte ordem de prioridade:

1. legislação municipal de Oiapoque/AP, fornecidas pelo usuário:

- * Plano Diretor do Oiapoque publica em 2020;
- * Lei de Uso e Ocupação do Solo;
- * Código de Obras;
- * Código de Posturas lei complementar nº002/2001-PMO;
- * legislação municipal de parcelamento do solo;
- * legislação ambiental municipal.

2. legislação federal:

- * Lei Federal nº 6.766/1979, sobre parcelamento do solo urbano, apenas como referência geral;
- * Lei Federal nº 10.257/2001, Estatuto da Cidade;
- * legislação ambiental aplicável;
- * Lei Federal nº 12.651/2012, Código Florestal, cursos d'água, APPs ou áreas ambientalmente protegidas;
- * Lei Federal nº 11.445/2007, diretrizes nacionais para o saneamento básico, quando aplicável à drenagem urbana.

3. normas e referências técnicas brasileiras:

- * ABNT NBR 9050, para acessibilidade;
- * Manual DNIT 740, Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas;
- * Manual DNIT 718, Manual de Projeto de Interseções;
- * Manual DNIT 706, Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, apenas quando aplicável;
- * Norma de Referência ANA nº 12/2025, sobre drenagem e manejo de águas pluviais urbanas;
- * outras normas técnicas brasileiras oficiais que forem fornecidas por mim.

O sistema viário deverá ser hierarquizado em:

1. via principal ou estrutural;
2. vias coletoras;
3. vias locais;
4. Ciclovia/ciclofaixas;
5. Calçadas com acessibilidade.

O traçado deverá:

1. respeitar a topografia;
2. evitar áreas de cota muito baixa; (sinalizado pelo círculo branco que deverá ser a bacia de retenção)
3. evitar áreas de vegetação preservada, portanto, focar dentro dos polígonos delimitados por linhas amarelas
4. evitar cursos d'água e áreas úmidas sinalizadas em azul na imagem
5. permitir acesso às zonas institucionais;
6. favorecer a implantação futura de drenagem e pavimentação;
7. evitar traçados excessivamente curvos, artísticos ou irregulares;
8. priorizar eixos claros, legíveis e vetorizáveis no Civil 3D;
9. permitir continuidade e conectividade urbana.

A imagem deverá conter as seguintes zonas:

a) Zona de Urbanização Prioritária — ZUP Área preferencial para futura ocupação urbana, sistema viário, quadras ou macroquadras e infraestrutura urbana.

Critérios:

1. área interna ao polígono apto fornecido;
2. menor risco de alagamento;

3. menor restrição ambiental;
4. possibilidade de acesso viário;
5. aptidão para pavimentação e drenagem.

b) Zona Institucional e Comunitária — ZIC

Área reservada conceitualmente para equipamentos públicos, tais como:

1. escola;
2. unidade básica de saúde;
3. praça;
4. centro comunitário;
5. área de apoio à população;
6. equipamentos de uso público.

7. Terminal de ônibus

Critérios:

1. localização acessível;
2. posição preferencialmente central no polígono útil;
3. proximidade de via principal ou coletora;
4. fora de área alagável;
5. fora de área ambientalmente sensível;
6. possibilidade de atendimento à futura população.

Não desenhe projeto arquitetônico dos edifícios. Apenas indique a área destinada a uso institucional e comunitário.

c) Zona Verde de Conservação — ZVC

Área destinada à preservação de vegetação, proteção ambiental, áreas livres e corredores ecológicos.

Critérios:

1. vegetação preservada;
2. fragmentos ambientais;
3. margens de cursos d'água;
4. áreas úmidas;
5. áreas ambientalmente sensíveis;

6. áreas que auxiliam na infiltração e redução do escoamento superficial.d) Zona Azul de Drenagem Urbana — ZAD

Área destinada à condução, retenção, infiltração, amortecimento e manejo das águas pluviais.

Critérios:

1. localização da bacia de retenção de drenagem indicado pelo usuário;
2. áreas de menor cota, se informadas;
3. linhas naturais de escoamento;
4. áreas de acumulação de fluxo;
5. proximidade de rios, igarapés ou canais;
6. áreas sujeitas a alagamento;

7. áreas que devem funcionar como suporte à drenagem urbana.

A Zona Azul poderá conter, de forma conceitual:

1. jardins de chuva;
2. valas vegetadas;
3. bacias de retenção;
4. bacias de retenção;
5. áreas de infiltração;
6. áreas de amortecimento;
7. canais naturais preservados.

Não dimensione hidraulicamente nenhum dispositivo sem dados técnicos suficientes.

e) Zona Cinza de Infraestrutura Urbana — ZCI

Corresponde aos elementos convencionais de infraestrutura urbana, incluindo:

1. vias pavimentáveis;
2. eixos viários;
3. meio-fio;
4. sarjetas;
5. bocas de lobo;
6. galerias;
7. travessias;
8. calçadas;
9. acessos.

A Zona Cinza deverá ser compatibilizada com as Zonas Azul e Verde.

e) Zona Cinza de Infraestrutura Urbana — ZCI

Corresponde aos elementos convencionais de infraestrutura urbana, incluindo:

1. vias pavimentáveis;

2. eixos viários;
3. meio-fio;
4. sarjetas;
5. bocas de lobo;
6. galerias;
7. travessias;
8. calçadas;
9. acessos.

A Zona Cinza deverá ser compatibilizada com as Zonas Azul e Verde.

Regras específicas para a imagem Gere uma imagem técnica com as seguintes características:

1. vista superior;
2. planta ortogonal;
3. sem perspectiva;
4. sem renderização realista;
5. sem árvores decorativas excessivas;
6. sem carros, pessoas ou elementos artísticos;
7. fundo claro; 8. linhas nítidas;
9. limite do polígono destacado;
10. vias com espessura proporcional;
11. quadras ou macroquadras com traçado limpo;
12. zonas coloridas de forma distinta;
13. legenda completa;
14. escala gráfica;
15. seta norte;
16. nomes das zonas;
17. identificação dos acessos principais;
18. hierarquia viária diferenciada;
19. áreas verdes e azuis claramente separadas;
20. áreas institucionais identificadas;
21. desenho adequado para posterior decalque no Civil 3D.

A imagem deve parecer uma prancha técnica conceitual de planejamento urbano, não uma ilustração artística.

Regras para vetorização posterior no Civil 3D

Como a imagem será usada posteriormente no Civil 3D, priorize:

1. alinhamentos claros;
2. eixos viários identificáveis;
3. bordos de vias legíveis;
4. quadras ou macroquadras com contornos bem definidos;
5. curvas suaves quando necessárias;
6. interseções tecnicamente coerentes;
7. ausência de excesso gráfico;
8. baixa poluição visual;
9. compatibilidade com decalque técnico.

Evite:

1. ruas desenhadas de forma aleatória;
2. curvas muito orgânicas;
3. quadras irregulares sem justificativa;
4. sobreposição de zonas;
5. vias atravessando áreas verdes ou azuis sem necessidade;
6. elementos que dificultem a leitura técnica.

Antes de gerar a imagem, apresente um resumo técnico contendo:

1. dados de entrada utilizados;
2. normas e referências consideradas;
3. critérios adotados para o zoneamento;
4. critérios adotados para o sistema viário;
5. critérios adotados para quadras ou macroquadras;
6. critérios adotados para drenagem;
7. limitações da proposta;
8. parâmetros não definidos por ausência de legislação local.

A resposta deverá conter:

Parte A — Resumo técnico Explique, de forma objetiva, a lógica da proposta.

Parte B — Quadro-resumo das zonas

Apresente tabela com:

1. nome da zona;
2. função;

3. critério de delimitação;
4. restrições;
5. relação com drenagem e pavimentação.

Parte C — Imagem técnica Gere a planta urbana conceitual contendo:

1. limite do polígono;
2. sistema viário;
3. quadras ou macroquadras;
4. zona institucional;
5. zona verde;
6. zona azul;
7. zona cinza;
8. zona de urbanização prioritária;
9. bacia de detenção;
10. legenda;
11. escala gráfica;
12. norte;
13. acessos.

Ao final, inclua a seguinte declaração:

“Esta proposta possui caráter preliminar, acadêmico e conceitual, servindo como diretriz de ordenamento territorial e apoio ao desenvolvimento posterior de projeto geométrico, drenagem e modelagem no Civil 3D. Não substitui projeto urbanístico legal, aprovação municipal, licenciamento ambiental, estudo fundiário, projeto executivo ou responsabilidade técnica profissional.”

Gere uma planta técnica conceitual para a área de expansão do bairro Nova Conquista, em Oiapoque/AP, respeitando exclusivamente os polígonos delimitados por linhas amarelas informado pelo usuário. Não proponha lotes individuais. Organize o território por meio de sistema viário, quadras ou macroquadras, zonas institucionais, zonas verdes, zonas azuis de drenagem, zona cinza de infraestrutura urbana e bacia de detenção sinalizada por círculo branco dentro do polígono próximo a rodovia em vermelho, na imagem de entrada e produzindo um desenho limpo, técnico, legível e adequado para visualização em software.