

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAMPUS MONTE CARMELO
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

CLAUDIONEI PEREIRA DA CUNHA FILHO

**CLASSIFICAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO FUNCIONAL DA MALHA VIÁRIA DO
MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO – MG ATRAVÉS DA ANÁLISE DO MODELO
DIGITAL DO TERRENO**

MONTE CARMELO

2023

CLAUDIONEI PEREIRA DA CUNHA FILHO

**CLASSIFICAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO FUNCIONAL DA MALHA VIÁRIA DO
MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO – MG ATRAVÉS DA ANÁLISE DO MODELO
DIGITAL DO TERRENO**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientadora: Prof. Dra. Luciany Oliveira Seabra

MONTE CARMELO

2023

**CLASSIFICAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO FUNCIONAL DA MALHA VIÁRIA DO
MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO – MG ATRAVÉS DA ANÁLISE DO MODELO
DIGITAL DO TERRENO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Agrimensura e
Cartográfica pela Universidade Federal de
Uberlândia pela banca examinadora formada
por:

Monte Carmelo, 31 de janeiro de 2023.

Dra. Luciany Oliveira Seabra, FECIV/UFU

(Orientadora)

Dra. Mirna Karla Amorim da Silva, IG/UFU

(Membro convidado)

Engº. Rafael Henrique Ferreira

(Membro convidado)

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C972 Cunha Filho, Claudionei Pereira da, 2000-
2023 CLASSIFICAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO FUNCIONAL DA MALHA
VIÁRIA DO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO – MG ATRAVÉS DA
ANÁLISE DO MODELO DIGITAL DO TERRENO [recurso
eletrônico] / Claudionei Pereira da Cunha Filho. - 2023.

Orientadora: Luciany Oliveira Seabra.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agrimensura. I. Seabra, Luciany Oliveira ,1974-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.
Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.
III. Título.

CDU: 528

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

Dedicatória

*Dedico este trabalho a todos os cientistas do país,
que apesar das dificuldades, seguem tentando.*

Agradecimentos

A esse ponto de minha caminhada, agradeço primeiramente a Deus. A Ele que esteve ao meu lado em todos os momentos, sei que as pegadas que ficaram não são só minhas, e sou grato por toda experiência proporcionada.

Em seguida agradeço a meus familiares, aos meus pais; meus avós; meus tios; e padrinhos, vocês moldaram a pessoa que me tornei, e acreditem, são meus exemplos em tudo o que faço. A meu grande amigo e irmão, Vitor Gabriel, a quem sempre me ouvia nos piores momentos e me atura nos melhores, você é muito importante para mim!

Agradeço, também, a todos os professores que contribuíram para minha formação. Desde o ensino infantil, até a faculdade, em especial, Vinão, que me orientou em minha primeira IC, Santil e Suelem, que me orientaram nos meus estágios, e Luciany, que me orientou ao longo desse trabalho.

A meus amigos da faculdade, minha eterna gratidão, por todos os momentos, por todos os trabalhos em grupo, e todos os eventos, culturais, acadêmicos e alcoólicos. Vocês fizeram destes 5 anos, os anos mais incríveis da minha vida. Espero que ainda possamos trabalhar juntos.

Por fim, a minha companheira de caminhada, Izadora, a que mais dividiu meu tempo com a execução deste trabalho, agradeço toda a paciência e compreensão.

RESUMO

O deslocamento da população de determinada cidade se dá por meio do sistema viário. É imprescindível que a malha viária desta seja bem organizada de forma que atenda às demandas de seus usuários. A hierarquização das vias auxilia o planejamento urbano racionalizando os deslocamentos, definindo as funções de cada via e adequando da melhor forma a circulação dos veículos e pedestres. O Planejamento urbano define a forma como os espaços devem ser ocupados e o planejamento do sistema viário visa adequar às necessidades de deslocamento dos usuários das vias. O Plano Diretor Municipal é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana e envolve o planejamento do sistema viário. A classificação de uma malha viária depende de duas variáveis principais: (i) declividade; e (ii) largura das vias. A declividade do terreno (i) exerce influência no desempenho operacional dos modos de transportes. A largura das vias (ii) exerce influência no nível de serviço e capacidade. A manipulação de um modelo digital de terreno, por meio do emprego de técnicas de geoprocessamento possibilita uma análise exploratória dos dados referentes à topografia local e largura das vias visando a classificação e hierarquização funcional da malha viária urbana do município de Monte Carmelo – MG. Foram consideradas as especificações técnicas dos manuais de projeto geométrico de vias estabelecidas pela AASHTO (2001) e DNIT (2010). O mapeamento das variáveis, bem como o cruzamento e sobreposição de tais informações resultam na classificação e hierarquização funcional de 573 vias inseridas no perímetro urbano, destas, 32 são classificadas como arteriais, comportando 05,58% do total, 152 como coletoras, comportando 26,53% do total, e 389 como locais, comportando 67,89% do total.

Palavras chave: Hierarquização Viária, Planejamento da Mobilidade Urbana, Plano Diretor.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas | 18 |
| Figura 2 – MDS e MDT | 20 |
| Figura 3 – Sobreposição de camadas em ambiente SIG..... | 23 |
| Figura 4 – Fluxograma das atividades | 24 |
| Figura 5 – Mapa de localização geográfica da área de estudo | 25 |
| Figura 6 – Ortofoto de Monte Carmelo – MG | 27 |
| Figura 7 – Mancha urbana do município de Monte Carmelo – MG | 29 |
| Figura 8 – Modelo Digital de Terreno da cidade de Monte Carmelo – MG | 31 |
| Figura 9 – MDT da mancha urbana de Monte Carmelo – MG | 33 |
| Figura 10 – Largura e comprimento das pistas de rolamento..... | 35 |
| Figura 11 – Vias urbanas de Monte Carmelo – MG vetorizadas | 36 |
| Figura 12 – Vias urbanas de Monte Carmelo – MG extraídas do OSM | 38 |
| Figura 13 – Ferramenta <i>Reclassify</i> do ArcMap | 40 |
| Figura 14 – Declividade da mancha urbana de Monte Carmelo – MG..... | 42 |
| Figura 15 – Largura das pistas de rolamento..... | 44 |
| Figura 16 – Classificação funcional e hierarquização da malha viária urbana de Monte Carmelo – MG..... | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ALOS – *Advanced Land Observing Satellite*

ASF – *Alaska Satellite Facility*

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JAXA – *Japan Aerospace Exploration Agency*

LASER – Laboratório de Sensoriamento Remoto

LiDAR – *Light Detection and Ranging*

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MDS – Modelo Digital de Superfície

MDT – Modelo Digital de Terreno

OSM – *Open Street Map*

PALSAR – *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*

PD – Plano Diretor

PMob – Plano de Mobilidade

RADAR – *Radio Detection and Ranging*

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UTM – *Universal Transverse Mercator*

WGS84 – *World Geodetic System*

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|---|----|
| Tabela 1 – | Relação geral entre as classes funcionais e a velocidade diretriz para projeto..... | 19 |
| Tabela 2 – | Rampas máximas para vias urbanas (%)...... | 19 |
| Tabela 3 – | Metragens para vias de Monte Carmelo – MG..... | 26 |
| Tabela 4 – | Classificação de vias urbanas quanto à declividade..... | 34 |
| Tabela 5 – | Reclassificação da declividade..... | 40 |
| Tabela 6 – | Escala de valores das larguras das pistas de rolamento..... | 40 |
| Tabela 9 – | Pesos de influência para cada feição..... | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 3 JUSTIFICATIVA | 14 |
| 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 4.1 PLANEJAMENTO URBANO..... | 15 |
| 4.1.1 Legislação..... | 16 |
| 4.2 PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE URBANA..... | 16 |
| 4.3 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO | 19 |
| 4.3.1 Declividade..... | 20 |
| 4.3.2 ALOS Palsar..... | 21 |
| 4.4 GEOPROCESSAMENTO | 21 |
| 5 MATERIAL E MÉTODOS | 23 |
| 5.1 ÁREA DE ESTUDO | 24 |
| 5.2 MAPEAMENTO DE VARIÁVEIS | 26 |
| 5.2.1 Declividade..... | 30 |
| 5.2.2 Largura da pista de rolamento | 34 |
| 5.3 CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DAS VIAS | 39 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 41 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 47 |
| 8 RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS | 47 |
| REFERÊNCIAS | 49 |
| APÊNDICE | 54 |

1 INTRODUÇÃO

Aliar o planejamento urbano ao planejamento da mobilidade é premissa legal e necessária para promover os deslocamentos e a realização das atividades urbanas. O planejamento urbano define a forma como o espaço deve ser ocupado e usado, para os mais diversos fins e o planejamento de transportes define a infraestrutura de circulação (VASCONCELLOS, 2001). A Lei 12.587/12, Lei de Mobilidade, estabelece que todos os municípios acima de 20 mil habitantes são obrigados a elaborar o Plano de Mobilidade Urbana – PMob integrado ao Plano Diretor – PD do município ou nele inseridos (BRASIL, 2012).

Assim, tanto o Plano Diretor quanto o Plano de Mobilidade Urbana devem promover os objetivos e princípios da mobilidade urbana, o desenvolvimento urbano, bem como o uso planejado do sistema viário, da circulação e da infraestrutura do sistema de mobilidade urbana. Conforme Baracat (2008), o Plano Diretor Municipal implica, em sentido amplo, a integração de uma série de diretrizes e leis para desenvolvimento do município, dentre elas, a classificação e hierarquização das vias municipais de acordo com suas categorias.

A classificação e hierarquização viária equivocadas podem gerar problemas como congestionamentos, níveis decrescentes de mobilidade e acessibilidade, aumento do tempo gasto nos deslocamentos, impactos ambientais, econômicos e sociais, tais como acidentes e poluição. Born (2011) ressalta o uso inadequado do sistema viário na legislação da maioria dos municípios do Brasil. Segundo Rezende e Ultramari (2007) uma das críticas aos Planos Diretores Municipais é a que diz respeito à multiplicidade de temas relacionados à realidade urbana, o que torna o Plano Diretor Municipal um instrumento de pouca aplicação prática. É necessário considerar variáveis contidas nas diretrizes legais do planejamento urbano e do planejamento de transportes.

Os municípios de pequeno porte, em geral, possuem limitações de recursos financeiros e técnicos o que compromete a implementação de diretrizes estabelecidas nos documentos técnicos e em leis, inclusive pela falta de recursos disponíveis.

De acordo com Ferreira (1997), a técnica de geoprocessamento, apoiada por um Sistema de Informações Geográficas – SIG, evidencia-se como uma potencial ferramenta para a representação do terreno e tomada de decisão em várias questões do planejamento urbano e regional. Além disso, Queiroz (1996) reforça o objetivo máximo da implantação de um SIG

na esfera municipal, o qual deve ser o de servir como instrumento articulador do processo de planejamento urbano integrado, dinâmico e contínuo.

No que se refere da hierarquização viária, os Planos Diretores Municipais definem que a classificação deve ser feita com base nas funções das vias e estabelecem velocidades, larguras e declividades das vias.

A *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO (2012) e o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT (2010) estabelecem parâmetros para o projeto geométrico de vias. O planejamento do sistema viário de uma cidade deve ser baseado na identificação e mensuração das necessidades e desejos de deslocamentos de sua população (DNIT, 2010).

Quando o sistema viário já se encontra instalado, Moura (2017) destaca a inviabilização orçamentária e operacional da implementação de um novo sistema viário num determinado município, e defende a maximização do uso de infraestrutura já instalada, por meio de uma classificação e hierarquização funcional das vias de determinada cidade a fim de que estas atendam as reais demandas de seus usuários. No caso de municípios de pequeno porte, a primeira inquietação é saber se existem dados adequados para cumprir as diretrizes contidas nos planos e manuais.

Ademais, o DNIT (2010) indica a classificação funcional de vias urbanas como o ponto de partida no que diz respeito ao planejamento de transportes. Contudo, grande parte dos municípios brasileiros, em especial os de pequeno porte, carecem da implementação de políticas de gestão urbana que una com o desenvolvimento urbano (CARNEIRO; FAÇANHA, 2015). Groth, et al. (2015) aponta que os estudos sobre estes municípios se encontram defasados quanto a avanços conceituais e metodológicos

Assim, o problema desta pesquisa consiste em como desenvolver uma metodologia para a classificação e hierarquização funcional de um sistema viário existente em municípios de pequeno porte? A manipulação de produtos oriundos da fotogrametria e sensoriamento remoto em ambiente SIG viabiliza uma aplicação dos parâmetros para a classificação e hierarquização funcional das vias.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Manipular um modelo digital de terreno e ortofoto, por meio do emprego de técnicas de geoprocessamento para a classificação e hierarquização funcional da malha viária urbana para o município de Monte Carmelo – MG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os parâmetros geométricos para vias urbanas especificados em manuais técnicos de engenharia de tráfego;
- Relacionar a declividade do local com a geometria das vias do município de Monte Carmelo;
- Classificar e hierarquizar funcionalmente as vias urbanas do município de Monte Carmelo.

3 JUSTIFICATIVA

Uma classificação hierárquica das vias serve como subsídio para o planejamento do espaço urbano e visa um plano de circulação eficiente para os deslocamentos da população que o utiliza. Todavia, as informações baseadas em dados censitários e nas necessidades e desejos de deslocamentos da população não estão disponíveis em municípios de pequeno porte. Dessa forma, os estudos voltados para as cidades de pequeno porte que não possuem dados socioeconômicos espacializados e disponíveis são importantes para a literatura sobre o tema.

Os municípios de pequeno porte podem apresentar demandas específicas as quais não se aplicam metodologias desenvolvidas para os grandes centros urbanos. Logo, estudos e análises exploratórias de dados aplicados ao contexto urbano de municípios de pequeno porte são oportunos.

Ademais, tais estudos podem contribuir para um planejamento eficiente do sistema viário, a classificação e hierarquização viária podem trazer melhorias, como maior segurança e conforto aos usuários; promoção da mobilidade e acessibilidade; e desenvolvimento urbano e social do município. Em concordância ao que afirma Santos (2008), estudos semelhantes, relacionados ao sistema de transporte se bem planejado e gerido é de essencial importância para a qualidade de vida da população da cidade, assim como para o desenvolvimento da economia urbana, pois é responsável pelo fluxo de mercadorias e pessoas no espaço urbano que dependem dele.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 PLANEJAMENTO URBANO

O Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR especifica três conceitos para o espaço urbano, são eles: área urbana; área urbana consolidada; e terra urbanizada. O primeiro destes compreende a região delimitada pelo Plano Diretor ou outra lei municipal específica com o nome de “zona urbana” ou “perímetro vazio”. Já os conceitos subsequentes são caracterizados pela presença de atributos de urbanização, são eles: infraestrutura viária, com ruas e calçadas pavimentadas; quadras ou quarteirões em que a maior parte dos terrenos possua construções, com predominância do uso voltado para atividades urbanas e no mínimo três equipamentos de infraestrutura urbana (MDR, 2022).

A adequada implantação de tais infraestruturas de equipamentos urbanos e viária faz parte de um processo de planejamento. Duarte (2009) define o planejamento como o estabelecimento e cumprimento de metas a fim de que se concluam determinados objetivos. Este processo representa uma ferramenta da gestão territorial, também denominada de planejamento urbano, conforme apresenta Silva (2021), a qual afirma que o planejamento urbano pode ser considerado um ato de organização e estruturação a partir de ações e medidas feitas para atingir um determinado objetivo.

D’Andrea (2004) aponta que a falta de planejamento e gestão territorial somada à alta demanda do espaço urbano é a grande causa de problema da maioria das cidades brasileiras. Segundo Moura (2017) desde o século XVIII, à época da Revolução Industrial, se observa um crescimento na demanda habitacional das cidades. A autora destaca ainda que no Brasil tal fenômeno se efetuou mais tardiamente, por meados do século XX, entretanto de igual forma: o crescimento das cidades se deu horizontalmente, ou seja, expandiram-se os limites da mancha urbana e este processo, por sua vez, proporcionou num aumento de distância e tempo de deslocamento entre os locais de residência e de trabalho.

Tal impasse impacta diretamente nos sistemas de transporte e de circulação. De acordo com Vasconcellos (2001), estes sistemas atendem tanto a necessidade inata no ser humano de se locomover dentro de um centro urbano, como também denota de um elemento essencial na mobilização da força de trabalho, isto é, o serviço básico que une a residência ao local de trabalho da população. Outrossim, o sistema viário sempre foi tema recorrente nos planos diretores, porém raramente com um enfoque adequado (BORN, 2011).

4.1.1 Legislação

No Brasil existem duas legislações vigentes as quais regem o planejamento urbano e o planejamento da circulação em meio urbano: o Estatuto da Cidade e a Lei da Mobilidade Urbana. A Lei Federal nº 10.257/2001, também conhecida como Estatuto da Cidade, estabelece diretrizes gerais da política urbana (BRASIL, 2001). Por meio desta, é possível verificar que um Plano Diretor Municipal deve prever diretrizes específicas a respeito do sistema viário de uma cidade.

O Plano Diretor é o documento que deve orientar as decisões tomadas pela gestão pública quanto ao desenvolvimento urbano. E, este instrumento, é obrigatório para todos os municípios com mais de 20 mil habitantes. Ademais, a legislação confere aos municípios a responsabilidade quanto ao planejamento da malha viária com vistas a futuros loteamentos (BRASIL, 2001).

A Lei Federal nº 12.587/2012, conhecida como Lei da Mobilidade Urbana, institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e elabora os parâmetros e definições acerca da mobilidade urbana e também das atribuições aos municípios (BRASIL, 2012). A referida Lei é o instrumento de desenvolvimento urbano em prol da mobilidade urbana e da acessibilidade. A mobilidade urbana é definida como a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano e a acessibilidade é caracterizada como a facilidade disponibilizada às pessoas que possibilite a todos a autonomia nos deslocamentos desejados, respeitando-se a legislação em vigor (BRASIL, 2012).

Ademais, é ressaltada a importância da Política Nacional de Mobilidade Urbana do ponto de vista do planejamento urbano, a qual visa reduzir os impactos negativos causados nos meios ambiental, social e econômico, inclusive indica o Plano de Mobilidade Urbana, relativo ao Plano Diretor para o desenvolvimento das cidades, e ainda a obrigatoriedade para todos os municípios com mais de 20 mil habitantes (BRASIL, 2012).

4.2 PLANEJAMENTO DA MOBILIDADE URBANA

O planejamento de um sistema viário pode ser dividido em três esferas: o planejamento do sistema de transporte, que abrange os códigos e leis de trânsito que regem a conduta dos motoristas; o planejamento da infraestrutura viária, o qual atenta-se aos elementos estruturais; e o planejamento da circulação. Este último aborda o grau de acessibilidade e mobilidade

urbana dentro de uma malha viária, além da eficiência dos deslocamentos realizados pela população de determinada cidade.

No planejamento da mobilidade urbana deve-se contemplar o planejamento da circulação. Vasconcellos (2001) reforça que o planejamento da circulação define como a estrutura viária será utilizada pelas pessoas e veículos, onde as regras de uso são baseadas no Código de Trânsito Brasileiro – CTB.

O CTB, de 1998, consolidou a competência dos municípios quanto à gestão do trânsito urbano nos aspectos referentes ao uso das vias públicas, possibilitando que todo o ciclo de gestão da mobilidade ficasse sob a responsabilidade das prefeituras: planejamento, projeto, implantação e fiscalização (BORN, 2011). Além disso, a autora ressalta que grande parte dos municípios estabeleceram em seus planos a classificação viária, ou as diretrizes gerais para o estabelecimento desta, conforme o CTB. O planejamento do sistema viário de uma cidade deve ser baseado na identificação e mensuração das necessidades e desejos de deslocamento de sua população (DNIT, 2010).

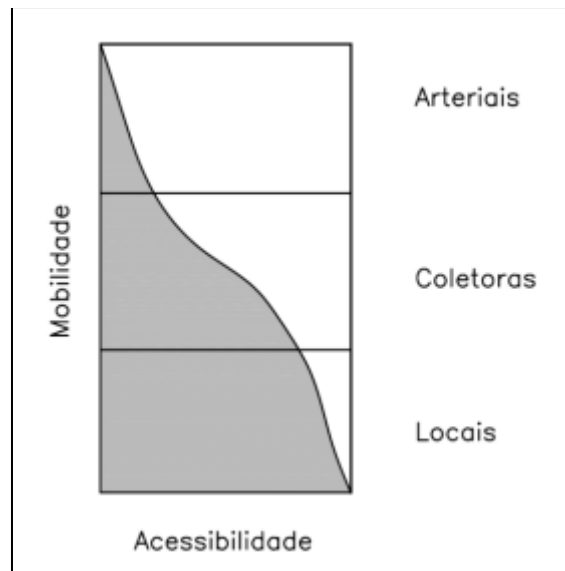
A AASHTO (2001) aponta que a classificação de vias em diferentes sistemas operacionais, classes funcionais ou geometria é fundamental para estabelecer a comunicação entre engenheiros, administradores e o público em geral. Dessa forma, torna-se possível correlacionar a demanda da população por transporte e as características de projeto que uma rede viária deve adotar.

Uma via pode ser classificada pelo nível de serviço e função que ela exerce no sistema viário. A classificação de vias e ruas, segundo a função que exercem dentro do sistema viário, representa o passo inicial do processo de planejamento, já que visa estabelecer uma hierarquia de vias para atendimento dos deslocamentos dentro da área urbana (DNIT, 2010). Conforme AASHTO (2001), a classificação funcional, a qual resulta do agrupamento de vias pelo caráter de serviço que prestam, se destaca como fundamental ao planejamento de transportes.

Da mesma forma, DNIT (2010) também considera que a classificação funcional é o processo pelo qual as vias são agrupadas hierarquicamente em subsistemas, conforme o tipo de serviço que oferecem e a função que exercem. Conforme estabelecem o CTB (1998) e a AASHTO (2001) para atender à solicitação de cada via, esta pode ser classificada em rodovias, vias arteriais, que podem ser principais ou secundárias, vias coletoras ou vias locais. Esta classificação reconhece que as vias não servem para viajar de forma independente, em vez disso, a maioria das viagens (deslocamentos) envolve o movimento através de uma rede de vias e pode ser categorizada em relação a essas redes de forma lógica e eficiente (AASHTO, 2001).

Outrossim, duas considerações são fundamentais na classificação funcional das redes viárias: a acessibilidade e a mobilidade (AASHTO, 2001). Ambas as condições denotam de certo conflito entre si, visto que, ao passo que uma via arterial promove a mobilidade, uma via local, por sua vez, prioriza o acesso, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Relação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade para os diferentes tipos de vias urbanas



Fonte: DNIT (2010).

Conforme aponta a AASHTO (2001), tais divergências surgem da necessidade que cada via carece, isto é, o distanciamento entre servir pelo movimento e dar acesso a várias localidades e destino impõe diferenças e gradações entre os tipos funcionais. As vias locais, as quais priorizam o acesso, atende a uma necessidade fixa para todas as áreas atendidas pelo sistema viário. Por outro lado, vias arteriais, as quais favorecem a mobilidade requerem alguns elementos qualitativos, como o conforto, ausência de variações de velocidade e o tempo de viagem (AASHTO, 2001).

Além da relação mobilidade versus acessibilidade, o Manual de Projeto Geométrico de Vias, aponta as velocidades diretrizes necessárias em cada classe funcional. Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (1999) as classes funcionais são associadas às classes de projeto, e, dessa forma, são estabelecidos os parâmetros de projeto, como por exemplo, a velocidade diretriz. A Tabela 1 apresenta a relação geral entre as classes funcionais e a velocidade diretriz. Esta leva em consideração ainda a condição do terreno, o qual é categorizado em plano, ondulado e montanhoso, segundo a declividade o qual este apresenta.

Tabela 1 – Relação geral entre as classes funcionais e a velocidade diretriz para projeto

| Classes funcionais | Velocidades diretrizes para projeto (km/h) | | |
|--------------------|--|----------|------------|
| | Relevo | | |
| | Plano | Ondulado | Montanhoso |
| Arterial | 100 - 120 | 70 - 100 | 50 - 80 |
| Coletor | 80 - 100 | 60 - 70 | 40 - 50 |
| Local | 60 - 80 | 40 - 60 | 30 - 40 |

Fonte: adaptado do DNER (1999).

Observa-se na Tabela 1 que terrenos mais planos admitem velocidades maiores quando comparados àqueles de relevo ondulado ou montanhoso. Assim, é possível considerar que vias arteriais tendem a ocupar terrenos mais planos e permitem velocidades diretrizes maiores que nas vias locais. Além disso, DNIT (2010) relaciona os valores máximos de declividade para cada classe de vias urbanas, em função da velocidade diretriz e tipo de relevo, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Rampas máximas para vias urbanas (%)

| Categoria da via | Relevo | Velocidade diretriz (km/h) | | | | | | |
|------------------|------------|----------------------------|----|----|----|----|-----|-----|
| | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| Vias expressas | Plano | | | | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | Ondulado | | | | 5 | 5 | 4 | 4 |
| | Montanhoso | | | | 6 | 6 | 6 | 5 |
| Vias arteriais | Plano | 8 | 7 | 6 | 6 | | | |
| | Ondulado | 9 | 8 | 7 | 7 | | | |
| | Montanhoso | 11 | 10 | 9 | 9 | | | |

Fonte: DNIT (2010).

4.3 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

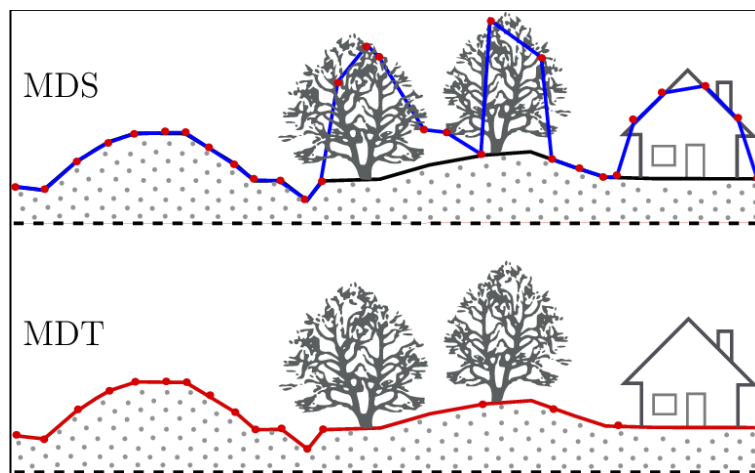
O Modelo Digital de Elevação – MDE, conforme apresenta o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE (2022), se resume no modelo digital que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações. Souza (2011) afirma que um MDE pode ser obtido através da sobreposição de imagens aéreas ou orbitais pela técnica fundamental da fotogrametria, ou por dados de um sensor ativo, como por exemplo, *Light Detection and Ranging* – LiDAR ou *Radio Detection and Ranging* – RADAR.

Zanardi (2006) identifica o objetivo da altimetria como a representação gráfica e visual do relevo de um terreno, e, segundo ele, tal técnica é atingida pela elaboração de um

MDE. Tal produto expressa uma superfície contínua, embora o fenômeno o qual representa, em geral a altitude, possa ser variado.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2021), um MDE pode se dividir em Modelo Digital de Terreno – MDT e Modelo Digital de Superfície – MDS de forma que, o MDT consiste na representação da altitude do solo, ao passo que o MDS integra todas as feições que se encontram sobre a superfície terrestre, tais como vegetação e edificações. A Figura 2 exemplifica um MDS e um MDT.

Figura 2 – MDS e MDT



Fonte: CEP Tecnologia (2019).

4.3.1 Declividade

Entre as variadas aplicações de um modelo digital de terreno, pode-se citar Burrough (1986), o qual defende a elaboração de mapas de declividade sobre este. A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal (INPE, 2021), seu cálculo se dá pelo quociente de uma determinada distância vertical pela distância horizontal. Logo, o MDT é fundamental para a definição da declividade de determinado local. Segundo o INPE, os valores de declividade podem variar de 0° a 90°, e podem também ser expressos em porcentagem.

Segundo De Biasi (1992), para fins de mapeamento, é mais cômodo utilizar os valores de declividade expressos em porcentagem, visto que para valores expressos em graus, deve-se atentar à transformação das casas decimais em minutos e segundos sexagesimais.

A declividade do terreno possui relação direta ao planejamento da mobilidade urbana, conforme verificado em AASHTO (2001). As dimensões de projeto e rampas de vias, isto é, os parâmetros do projeto da via determinam as taxas de aceleração e desaceleração dos

veículos (AASHTO, 2001). Ademais, Silveira et al. (2006) aponta que declividades acentuadas em descendência tende a acarretar no aumento de velocidade de massas em movimento.

4.3.2 ALOS Palsar

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2022), o satélite japonês *Advanced Land Observing Satellite – ALOS* foi lançado em 2006, derivado de seus antecessores ADEOS e JERS-1 com melhorias necessárias aos satélites modernos de alta resolução. Sua operação foi finalizada em 2011 e, três anos depois, foi lançado seu sucessor, ALOS-2, o qual deu continuidade ao primeiro, com encerramento em 2020.

De acordo com a *Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA* (2022), o satélite carregava a bordo três sensores: o radiômetro *Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping – PRISM*; o radiômetro multiespectral *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-type – AVNIR-2*; e o sensor de microondas *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar – PALSAR*, um sensor ativo o qual era capaz de obter imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade.

Ademais, o sensor PALSAR possui resolução espacial a qual varia entre 7 metros e 44 metros para a banda *Fine – single* (JAXA, 2022). Logo, seus produtos, disponibilizados gratuitamente, podem ser aplicados à cartografia de precisão, à elaboração de MDT e MDS, ao planejamento urbano e regional, ao mapeamento de uso e cobertura do solo, além de outras finalidades (EMBRAPA, 2022). Neste trabalho, será utilizado no planejamento da mobilidade urbana para a obtenção das declividades, bem como das características técnicas visando a classificação funcional da malha viária.

4.4 GEOPROCESSAMENTO

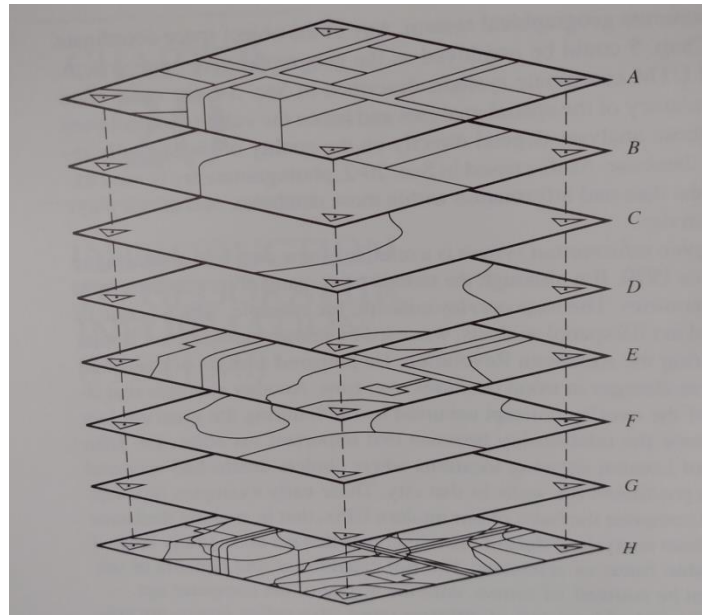
O termo Geoprocessamento consiste na área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CAMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Segundo Ferreira (1997), a técnica de geoprocessamento, apoiada por um SIG evidencia-se como uma potencial ferramenta para a representação do terreno e tomada de decisão em várias questões do planejamento urbano e regional.

Os SIGs são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los (CÂMARA et al., 1996). Maguire, Goodchild e Rhind (1993) divide as aplicações de um SIG em três classes, a ambiental, a qual enfoca o meio ambiente e o uso dos recursos naturais; a socioeconômica, esta envolve o uso da terra, seres humanos e a infraestrutura existente; e de gerenciamento, que abarca a realização de estudos e projeções que determinam onde e como alocar recursos para remediar problemas ou garantir a preservação de determinadas características. O planejamento da mobilidade urbana engloba estas duas últimas, as quais correspondem, respectivamente, ao planejamento, análise preliminar e análise posterior; e à administração pública, seja na esfera municipal, regional e nacional.

Queiroz (1996) reforça o objetivo máximo da implantação de um SIG na esfera municipal, o qual deve ser o de servir como instrumento articulador do processo de planejamento urbano integrado, dinâmico e contínuo. Câmara et al. (1996), descrevem ainda a capacidade de um SIG de apresentar dados geográficos, realizar consultas em bancos de dados, além de permitir operações e a modelagem dos mesmos. Tal técnica é apontada por Camara, Davis e Monteiro (2001) como geoprocessamento.

Berry (1993) destaca quatro tipos de operações em geoprocessamento, são elas: reclassificação por categorias, conectividade, cálculo de vizinhança e medidas de distância e sobreposição de dois ou mais mapas. Esta última, também conhecida como *overlay*, resulta da combinação, para cada posição geográfica, dos valores dos mapas sobrepostos naquela posição (CÂMARA, et al., 1996). A referida operação estabelece produtos cartográficos os quais indicam algum tipo de influência ou fenômeno, a sobreposição de camadas em ambiente SIG está exemplificada na Figura 3.

Figura 3 – Sobreposição de camadas em ambiente SIG



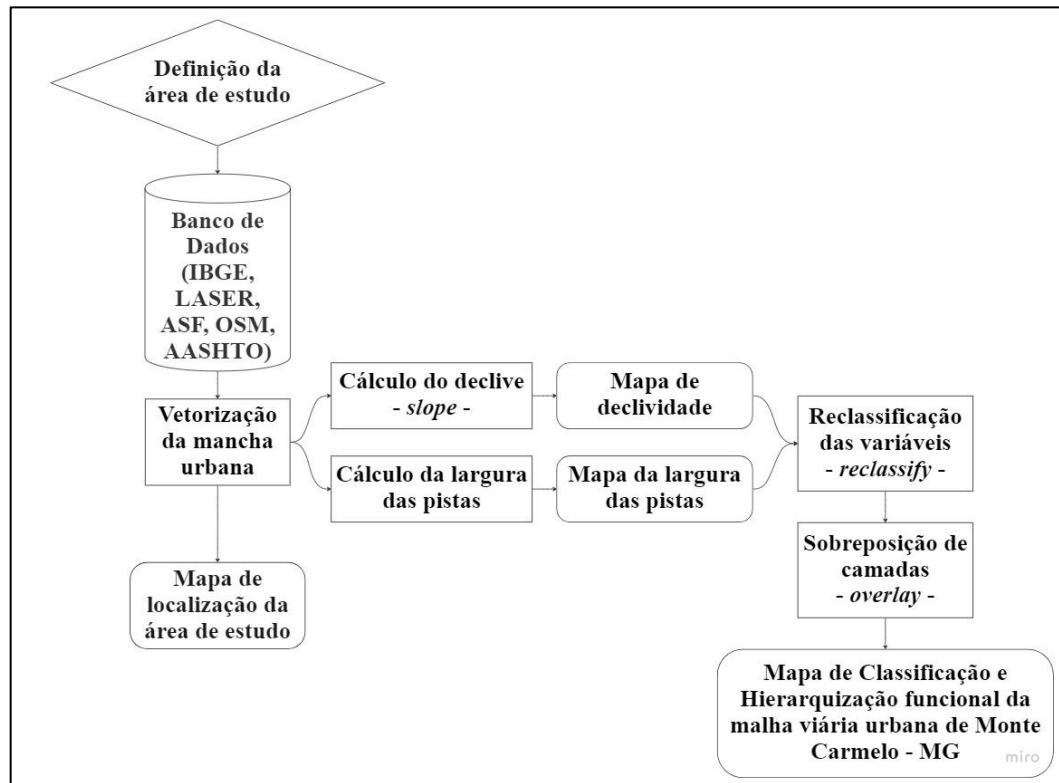
Fonte: Wolf, Dewitt (2000).

Outra ferramenta muito utilizada é *OpenStreetMap* – OSM, a qual objetiva construir um banco de dados geográficos gratuito do mundo. Segundo Bennett (2010), a proposta inicial do OSM se baseava no mapeamento de ruas, em que fornecia o traçado da via e seu logradouro, entretanto, se expandiu bastante depois disso e atualmente abrange trilhas, edifícios, bosques, dentre outras características geográficas ao longo do planeta.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e procedimentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho para alcançar o objetivo proposto foram definidos a partir da revisão da literatura sobre o tema que possibilitou identificar os principais conceitos, informações e diretrizes contidos nos manuais técnicos. A Figura 4 apresenta o fluxograma dos procedimentos metodológicos.

Figura 4 – Fluxograma das atividades



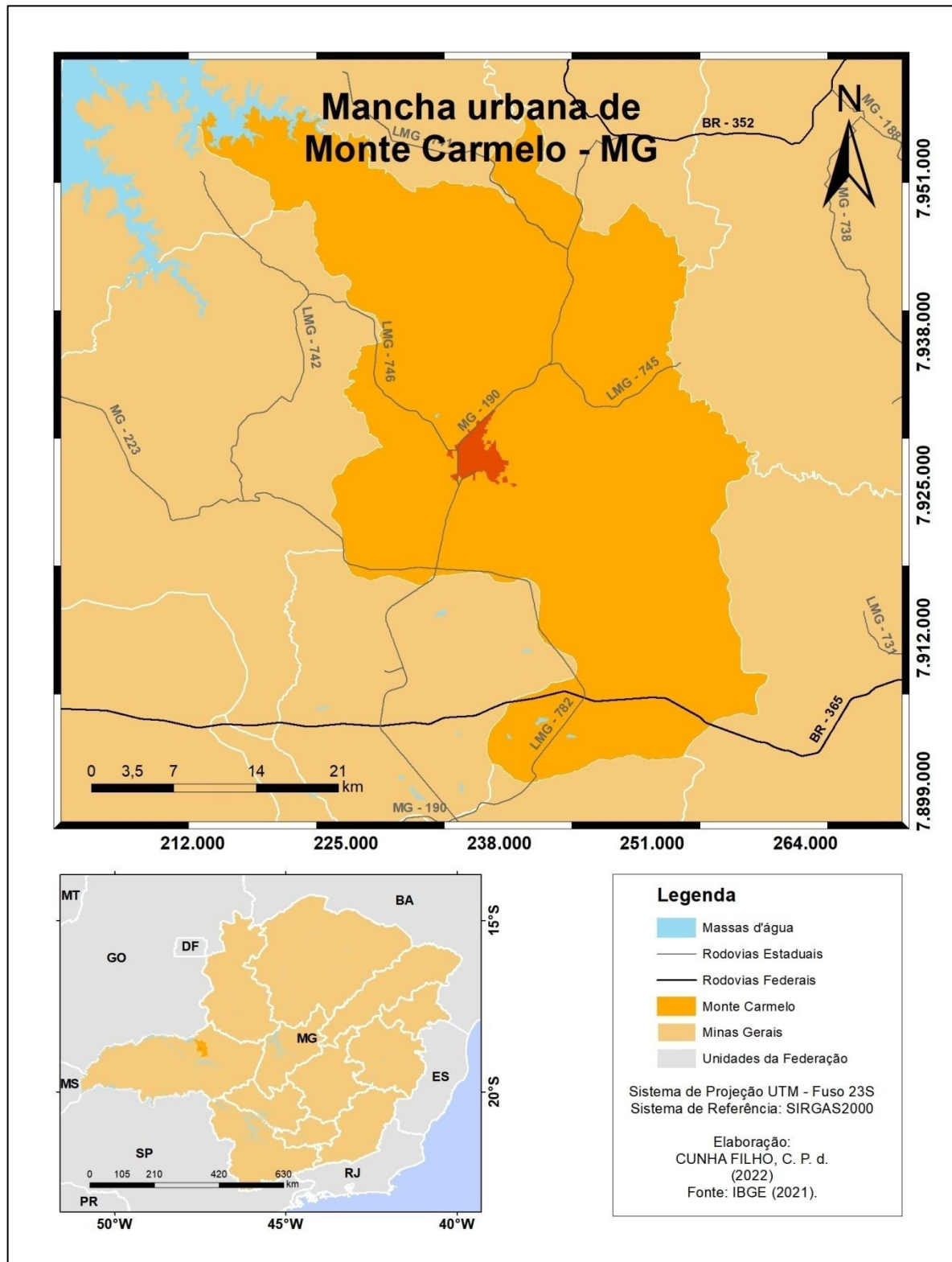
Fonte: elaboração própria.

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho foi definida com base nos dados do perímetro urbano de Monte Carmelo, um município do estado de Minas Gerais, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e na microrregião de Patrocínio. O município detém de uma população de 47.267 habitantes (IBGE, 2022), destes, mais de 40.000 vivem na zona urbana (IBGE, 2010).

A malha urbana de Monte Carmelo se encontra entre as coordenadas projetadas no Sistema UTM – Fuso 23S N1 7.924.844,9368 m e E1 233.553,9832 m e N2 7.931.440,4833 m e E2 239.525,1119 m, sob uma altitude média de 890 m. Sua malha viária se estende das rodovias estaduais próximas, a MG-190 e a MG-223 (MONTE CARMELO, 2021), conforme a Figura 5.

Figura 5 – Mapa de localização geográfica da área de estudo



Fonte: elaboração própria.

Quanto ao planejamento urbano, os instrumentos regulatórios que tratam do planejamento e desenvolvimento são o Plano Diretor e a Lei de Parcelamento do Solo Urbano de Monte Carmelo – MG. O PD do município foi instituído pela Lei Complementar nº 06, de

10 de outubro de 2006, desde então não foi mais atualizado. A Lei do Parcelamento do Solo Urbano de Monte Carmelo, regulamentada pela Lei nº 1.388, é de 23 de agosto de 2017. A referida Lei traz orientações sobre o sistema de classificação funcional das vias, como mostra a Tabela 3 que indica a configuração das vias conforme as classes arteriais, coletoras e locais.

Tabela 3 – Metragens para vias de Monte Carmelo – MG

| Vias/Características | Arteriais | Coletoras | Locais |
|-----------------------------|------------------|------------------|---------------|
| Largura Mínima | 25m | 19m | 12m |
| Calçada | 4m | 3,5m | 2,5m |
| Pista | 17m | 12m | 7m |
| Rampa Máxima | 12% | 20% | 30% |

Fonte: Monte Carmelo (2017).

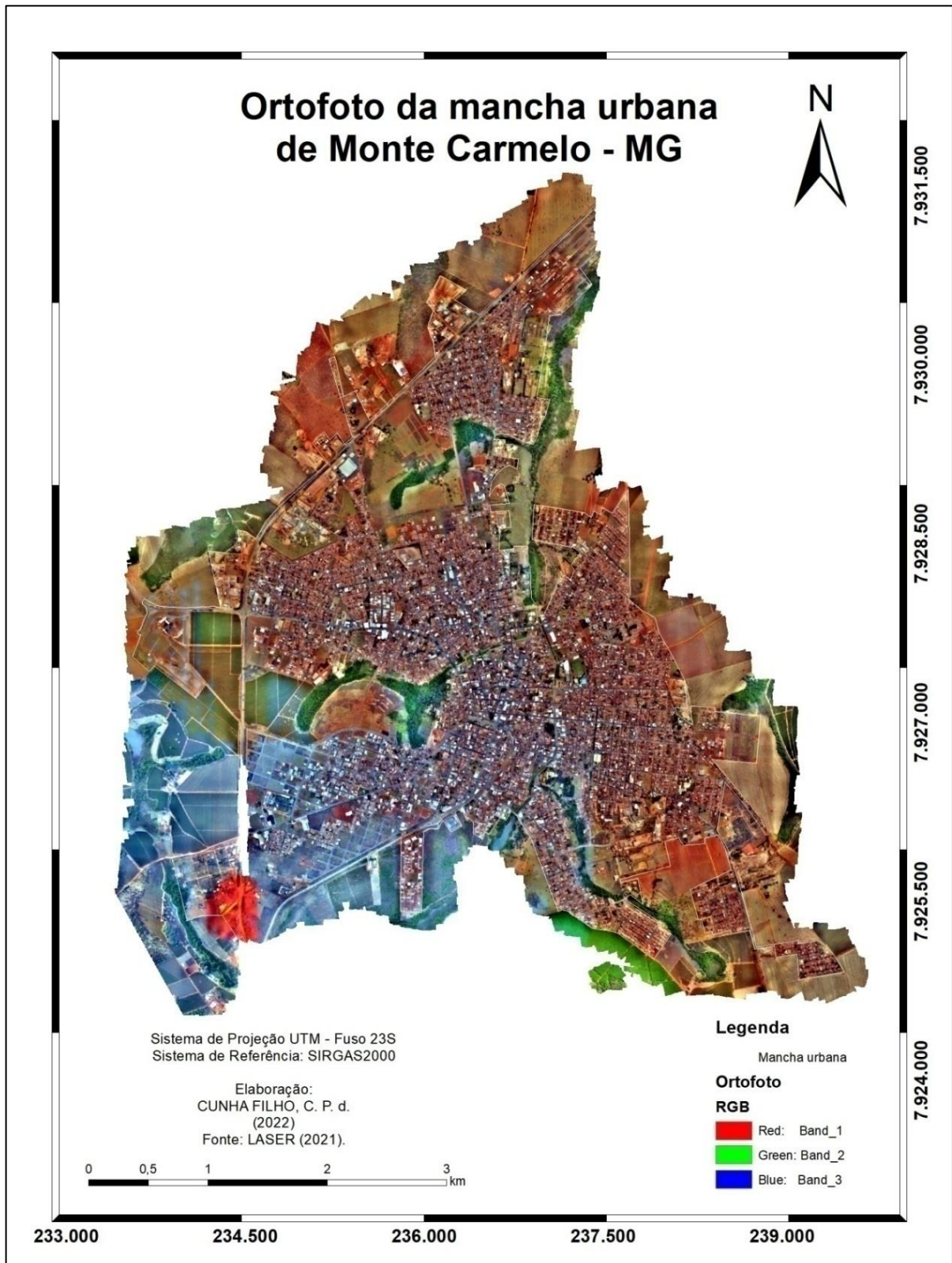
Verifica-se na Tabela 3, conforme a Lei de Parcelamento do Solo Urbano no Município de Monte Carmelo/MG, que os valores de rampa máxima (declividade) são divergentes aos valores de referência dos manuais de projeto geométrico para vias urbanas (Tabela 2).

5.2 MAPEAMENTO DE VARIÁVEIS

A classificação funcional de uma malha viária é um processo pelo qual as vias são agrupadas hierarquicamente conforme o tipo de serviço que oferecem e função mobilidade e acessibilidade que exercem. Essa classificação depende de características físicas das vias e do volume de tráfego em circulação. Tais informações são necessárias para compreender como ocorrem as viagens, bem como a fluidez e a eficiência do sistema viário da cidade. Assim, considerando a extensão da rede e devido à falta de dados de volume de tráfego, neste trabalho as variáveis consideradas foram a largura da pista de rolamento e a declividade.

Os dados da largura da pista de rolamento podem ser obtidos por diversas formas, como por exemplo, levantamento topográfico, levantamento geodésico ou por medições realizadas em imagens ortorretificadas. Este trabalho foi realizado com base numa ortofoto produzida pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria – LASER, da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, datada de 2019. A ortofoto alcança um tamanho de pixel de 5,94 cm (BARBOSA et al., 2021) e pode ser visualizada na Figura 6.

Figura 6 – Ortofoto de Monte Carmelo – MG

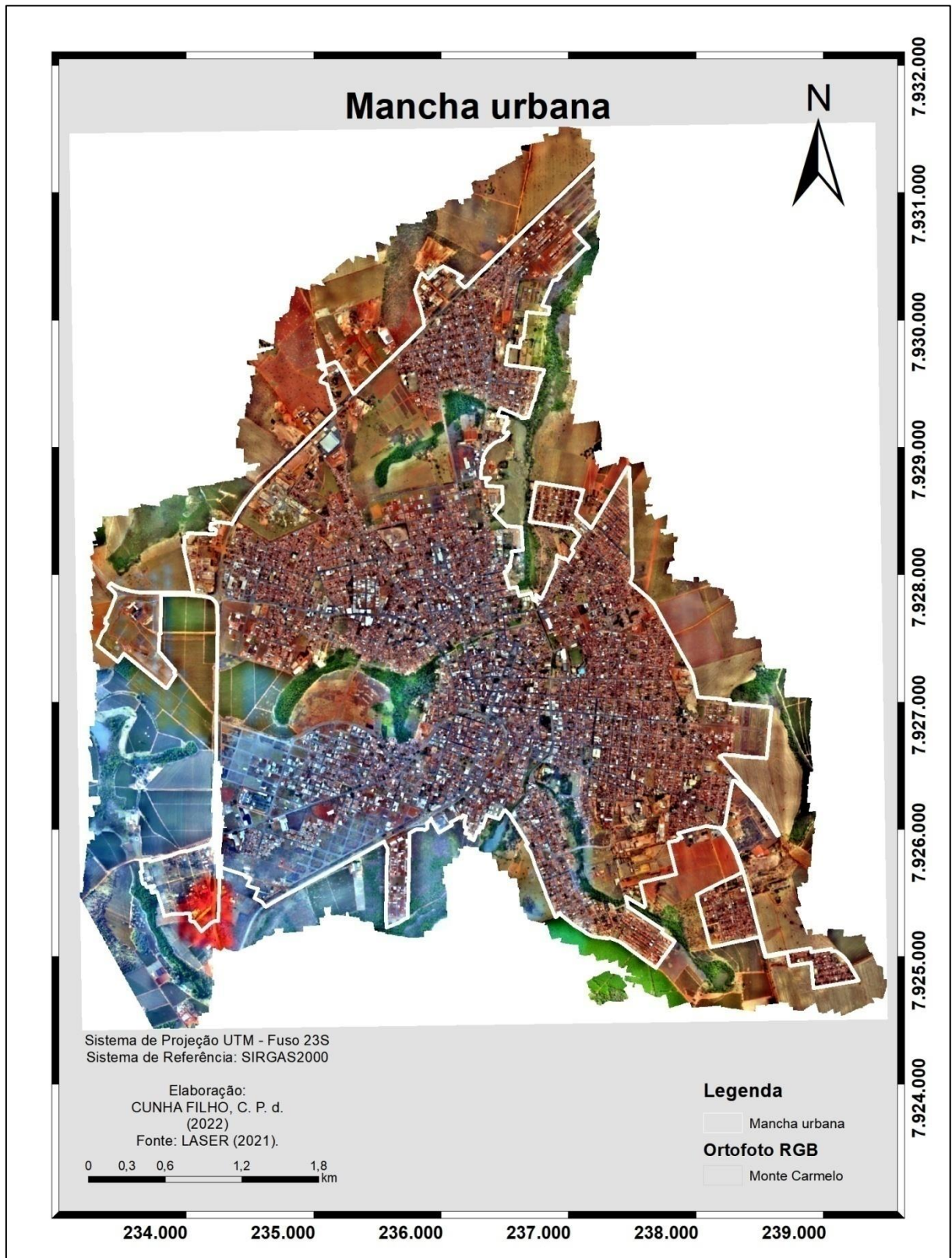


Fonte: elaboração própria.

A partir da referida imagem, foram efetuados mensurações e determinações quanto às dimensões de variáveis de interesse. Para tal, foi necessário a delimitação do espaço o qual é

ocupado pelas vias, logo, foi vetorizada a mancha urbana do município sobre a ortofoto apresentada, sob escala a de 1:1.000, conforme proposto por MundoGEO (2015) e Orlando, Meireles e Santil (2020) aplicado nos produtos cartográficos para fins de cadastro urbano. A delimitação da mancha urbana se deu com base nas definições de espaço urbano expressas pelo MDR (2022). O produto gerado pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 – Mancha urbana do município de Monte Carmelo – MG



Fonte: elaboração própria.

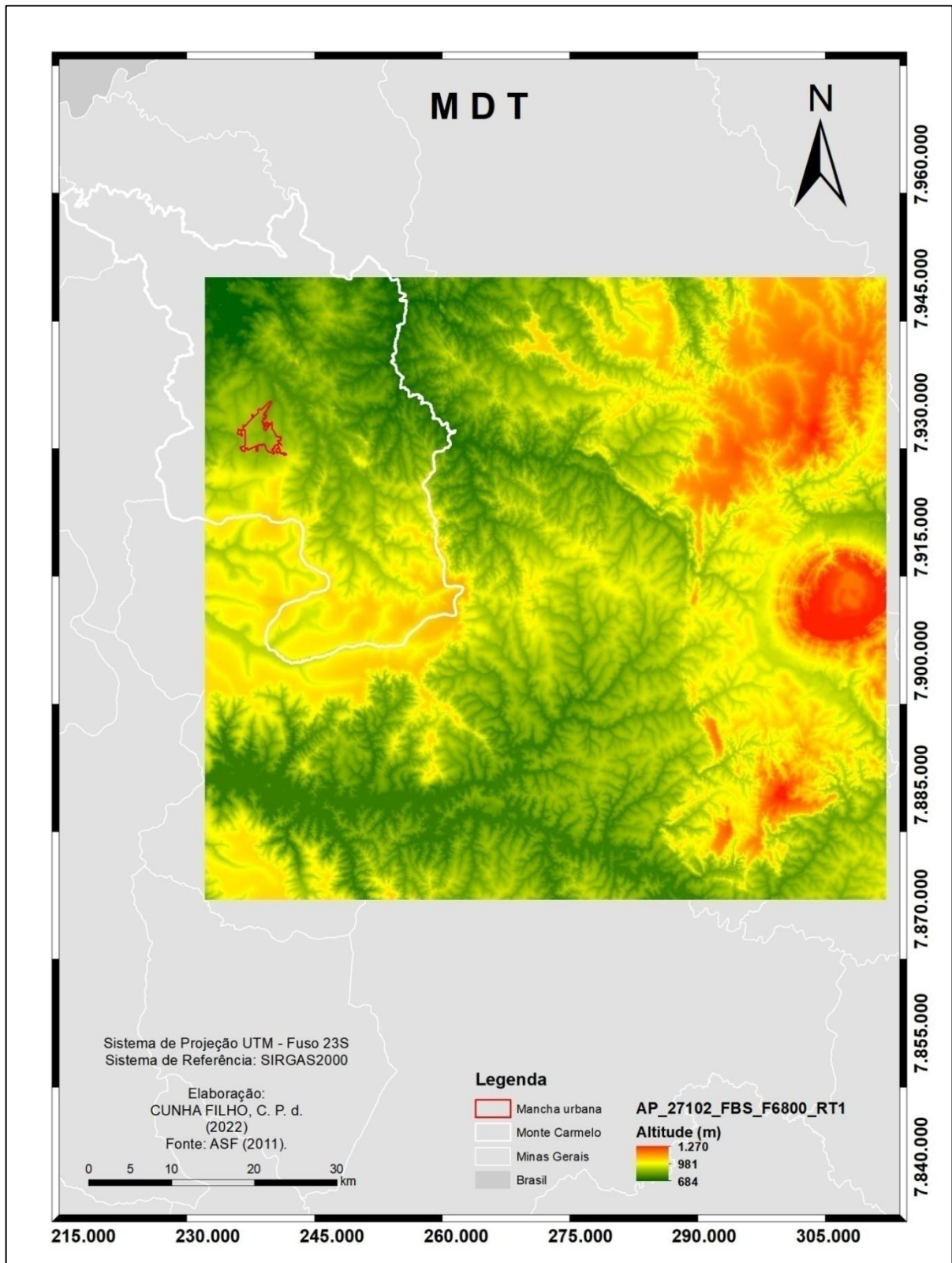
As zonas de expansão urbana e distritos municipais não foram levados em conta, visto que suas delimitações não constam no Plano Diretor Municipal. Além disso, a ortofoto é

datada de 2019, inviabilizando a comprovação do aumento da área da mancha urbana de Monte Carmelo. Após a vetorização da zona urbana, constatou-se que esta detém de uma área de 14,1059 km² e perímetro de 41.348,6750 m de extensão. O polígono o qual envolve toda a mancha urbana tem seu centroide situado nas coordenadas projetadas no Sistema UTM – Fuso 23S E 236.297,6159 m e N 7.927.541,3144 m.

5.2.1 Declividade

O mapa de declividade do perímetro urbano de Monte Carmelo foi extraído da imagem orbital obtida pelo satélite ALOS, sensor Palsar, e atinge um pixel de 12,5 metros. O sensor ativo gera automaticamente o MDT da mancha urbana do município de Monte Carmelo, com os valores de altitude em metros, conforme pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Modelo Digital de Terreno da cidade de Monte Carmelo – MG



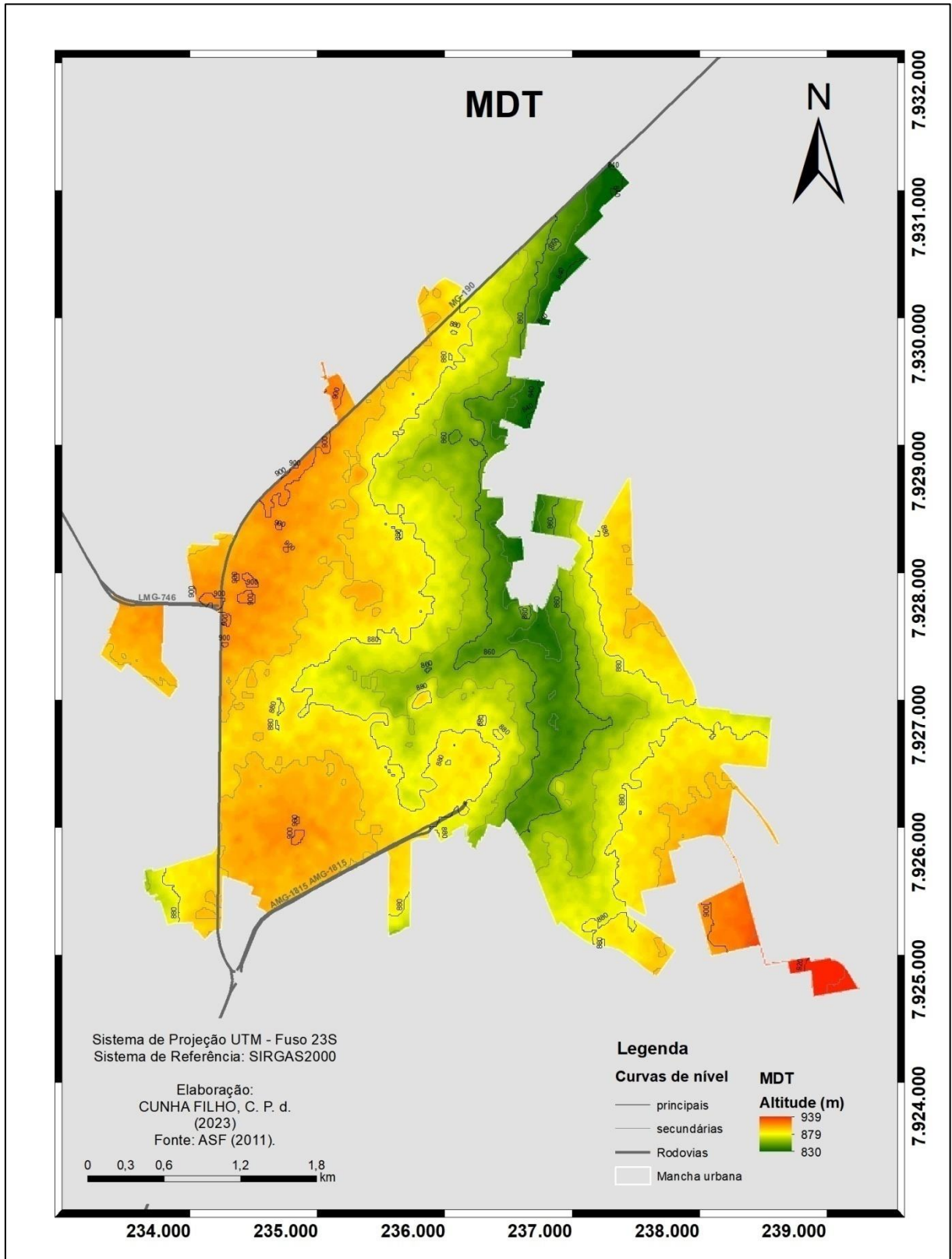
Fonte: elaboração própria.

A imagem orbital foi disponibilizada pela *Alaska Satellite Facility* – *ASF* no sistema de referência WGS84, logo, para estar geograficamente compatível às demais feições, foi

necessário ser reprojetada para o sistema de referência SIRGAS2000, com coordenadas projetadas no Sistema UTM – Fuso 23S. Além disso, a imagem escolhida é datada de 25 de fevereiro de 2001 e contempla as porções Sul, Sudeste, Leste, Nordeste e Centro do município de Monte Carmelo, além dos municípios vizinhos de Abadia dos Dourados, Coromandel, Guimarães, Iraí de Minas, Nova Ponte, Patos de Minas, Patrocínio, Pedrinópolis, Perdizes, Romaria, Santa Juliana e Serra do Salitre.

Dada a abrangência da imagem, foi feito um recorte em que extraiu apenas a área de estudo, evitando assim, o esforço computacional em manipular a imagem em regiões as quais não são de interesse. Por se tratar de um arquivo de formato raster, foi realizado o recorte sob a máscara da feição da mancha urbana, resultando apenas o MDT da área urbana de Monte Carmelo, este é evidenciado na Figura 9.

Figura 9 – MDT da mancha urbana de Monte Carmelo – MG



Fonte: elaboração própria.

Por conseguinte, foi efetuado o cálculo da declividade, ou gradiente de declividade do terreno para a região de estudo, por meio da utilização da Equação (1), definida por De Biasi (1992).

$$d = \frac{DV}{DH} \times 100\% \quad (1)$$

Onde,

d = declividade do terreno;

DV = distância vertical;

DH = distância horizontal.

O cálculo de declividade foi feito em ambiente SIG com o emprego da ferramenta *declive*, ou *slope*, a qual identificou o gradiente de declividade ou inclinação para cada célula de um arquivo raster de entrada. A resolução do arquivo de saída foi igual ao MDT de entrada e também os valores de declividade foram expressos em porcentagem. Os dados de declividade extraídos do MDT foram agrupados conforme os valores especificados pela AASHTO (2001) quanto aos parâmetros ideais para vias arteriais, coletoras e locais urbanas, a classificação e respectivos valores estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação de vias urbanas quanto à declividade

| Classe | Arterial | Coletora | Local |
|---------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Declividade | ≤ 6,0 % | 6,1 % - 14,0 % | ≥ 14,1 % |

Fonte: adaptado de AASHTO (2001).

5.2.2 Largura da pista de rolamento

Para fins de mapeamento, é usual representar vias pela geometria de polilinha. Entretanto, uma feição de geometria de polilinha não apresenta largura, apenas comprimento. Assim obtenção da largura das pistas de rolamento se deu ao assemelhar estas à forma geométrica retângulo. Ao equiparar a via a um retângulo, a largura média de uma pista de rolamento é numericamente igual à metade do perímetro da feição em geometria de polígono menos duas vezes seu comprimento, conforme exemplifica a Figura 10.

Figura 10 – Largura e comprimento das pistas de rolamento



Fonte: elaboração própria.

Dessa forma, a largura das vias se dá conforme a Equação (2).

$$L = \frac{\text{perimetro}_{\text{poligono}} - (2 \times \text{comprimento}_{\text{polilinha}})}{2} \quad (2)$$

Onde,

L = largura da pista de rolamento;

$\text{perimetro}_{\text{poligono}}$ = perímetro da via em formato polígono;

$\text{comprimento}_{\text{polilinha}}$ = perímetro da via em formato polilinha.

Para efetuar o cálculo da largura das pistas foi necessário primeiro vetorizar as mesmas em formato polígono em ambiente SIG. Tal etapa se deu sobre a ortofoto da mancha urbana do município em escala cadastral de 1:1.000. Nesta etapa foi definida ainda o sistema de projeção de coordenadas, neste caso, configurou-se como o Sistema UTM – Fuso 23S. Após a vetorização das vias em formato de polígono foi criada, na tabela de atributos, um campo de nome “Perimt_m” do tipo *Double*, com escala igual a dois. Este campo recebeu o valor do perímetro de cada feição o qual foi calculado por meio da função de cálculo de geometrias. As vias urbanas vetorizadas podem ser visualizadas na Figura 11.

Figura 11 – Vias urbanas de Monte Carmelo – MG vetorizadas

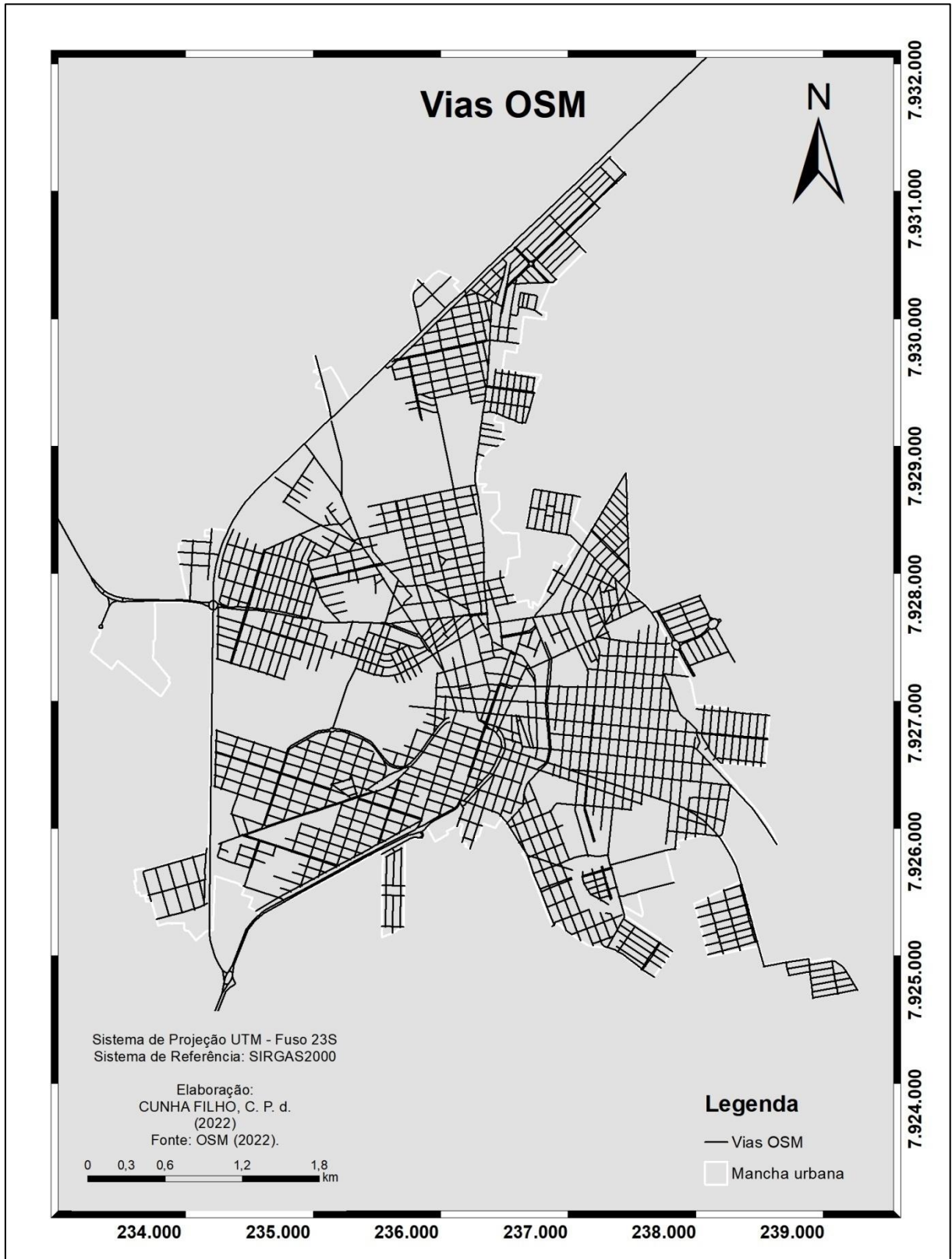


Fonte: elaboração própria.

Por conseguinte, foram obtidos o perímetro das respectivas vias em formato de linha, e obtido cada comprimento de via. Tais feições são disponibilizadas pelo *Open Street Map* –

OSM, entretanto, seu acesso dispõe de todas as feições em formato de linha presentes na área de interesse definida, como, por exemplo, hidrografia e vias rurais. Logo, foi necessário realizar uma filtragem visando restar apenas as vias urbanas. Feito isto, foi criado um campo o qual recebeu o perímetro das vias em formato de polilinha, conforme efetuado para as vias em formato de polígono. As vias extraídas pelo OSM são apresentadas na Figura 12.

Figura 12 – Vias urbanas de Monte Carmelo – MG extraídas do OSM



Fonte: elaboração própria.

Para conter os dados de perímetros do polígono e da polilinha numa mesma tabela, foi necessário realizar uma associação de atributos com base no local do espaço o qual ocupam.

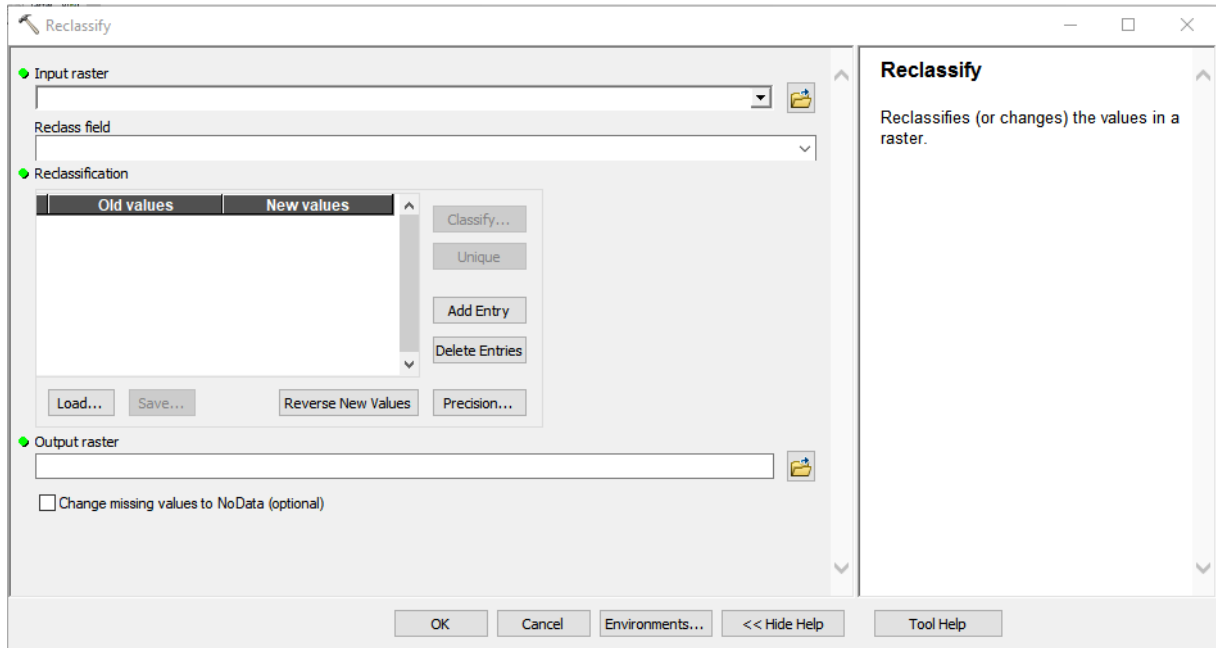
Logo, as informações contidas na tabela referentes às vias em formato polilinha foram inseridas na camada das vias em formato polígono. Ademais, foi necessário estabelecer que fossem associadas apenas os as feições onde a polilinha se encontrava sobreposta ao polígono da respectiva via.

Depois de associados os campos, foi criada uma nova coluna a qual abrigou a largura das pistas. Esta assumiu tipo *Double* com valor de escala igual a dois, consoante aos perímetros das vias em polígono e polilinha. Por conseguinte, através da função *Field Calculator* foram calculadas as larguras das pistas de rolamento conforme a Equação (2).

5.3 CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DAS VIAS

A classificação funcional das vias foi feita baseada na metodologia apresentada por Cunha Filho, Silva e Campos (2021). Segundo os autores, o mapeamento de algum fenômeno o qual é determinado por diferentes variáveis resulta da sobreposição do mapeamento dessas. Dessa forma, foi feita a sobreposição, por meio da ferramenta *overlay*, da declividade e da largura das pistas de rolamento da mancha urbana de Monte Carmelo.

Para tal, após mapeadas estas feições, as mesmas foram hierarquizadas e o sistema viário de vias foi classificado em Arterial (1), Coletora (2) e Local (3), de acordo com o que estabelecem os manuais técnicos de engenharia de tráfego. Esta etapa fez uso da ferramenta de reclassificação a qual atribuiu novos valores (1, 2 ou 3), às feições declividade e largura da pista, de acordo com o valor que as mesmas apresentavam, a ferramenta está exemplificada na Figura 13.

Figura 13 – Ferramenta *Reclassify* do ArcMap

Fonte: ArcMap (2022).

Ademais, tal ferramenta admite como entrada apenas arquivos de formato matricial, logo, como o arquivo da largura das pistas de rolamento são em formato vetorial, os dados foram convertidos para o formato raster. Devido a variação da largura das pistas, o resultado obtido assume pixel de 0,10 m.

A declividade do local foi reclassificada conforme expõe a Tabela 5.

Tabela 5 – Reclassificação da declividade

| Classe | <i>Old values</i> | <i>New values</i> |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| Arterial | ≤ 6,0 % | 1 |
| Coletora | 6,1 % - 14,0 % | 2 |
| Local | ≥ 14,1 % | 3 |

Fonte: elaboração própria.

As larguras das pistas de rolamento, por sua vez, foram hierarquizadas conforme escala de valores apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Escala de valores das larguras das pistas de rolamento

| Classe | <i>Old values</i> | <i>New values</i> |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| Arterial | ≥ 14,01 | 1 |
| Coletora | 8,01 - 14,00 | 2 |
| Local | ≤ 8,00 | 3 |

Fonte: elaboração própria.

Feito isto, as variáveis consideradas para a classificação e hierarquização da malha viária do município de Monte Carmelo – MG foram ajustadas para uma mesma escala de classificação, Arterial (1), Coletora (2) e Local (3). Por fim, estas foram correlacionadas a

partir do emprego da ferramenta *Weighted Overlay*, a qual indica determinado fenômeno a partir das feições que o influencia, sobre a localização geoespacial das mesmas. Assim, conforme propõe Cunha Filho, Silva e Campos (2021), a ferramenta afere pesos a cada uma das feições, consoante a influência que esta detém sobre o produto final, de forma percentual a fim de que se somem em cem por cento.

Visto que os manuais técnicos de engenharia de tráfego não supõe que uma feição se sobressai a outra, foram adotados pesos iguais para ambas as variáveis, consoante ao que está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Pesos de influência para cada feição

| Feição | % Influence |
|------------------|--------------------|
| Declividade | 50 |
| Largura das vias | 50 |
| Total | 100% |

Fonte: elaboração própria.

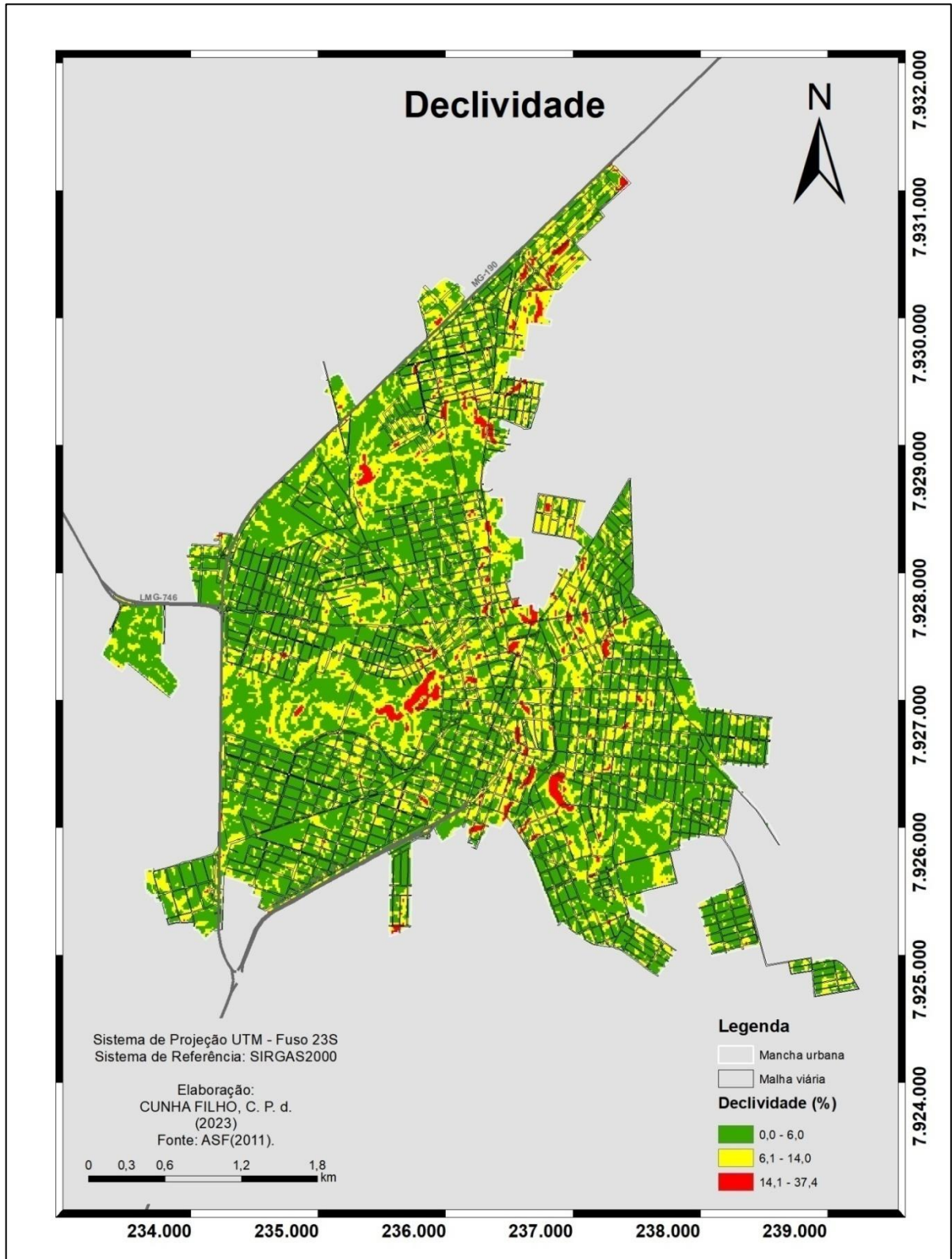
O arquivo com formato raster foi configurado para gerar um produto final com pixel de 1,00 m, visto que apresenta um tamanho menor a largura de pista de rolamento mínima encontrada e ainda, apesar de dispor de tamanho inferior à declividade de entrada, esta é derivada do MDT, o qual expressa uma superfície contínua.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O critério utilizado para a classificação e hierarquização funcional da malha viária de Monte Carmelo – MG foi o mapeamento temático das variáveis declividade e largura das pistas de rolamento. Estas são especificadas em manuais técnicos de engenharia para a definição do projeto geométrico das vias e sua classificação.

O resultado da espacialização da declividade, conforme os parâmetros estabelecidos pela AASHTO (2001) está apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Declividade da mancha urbana de Monte Carmelo – MG



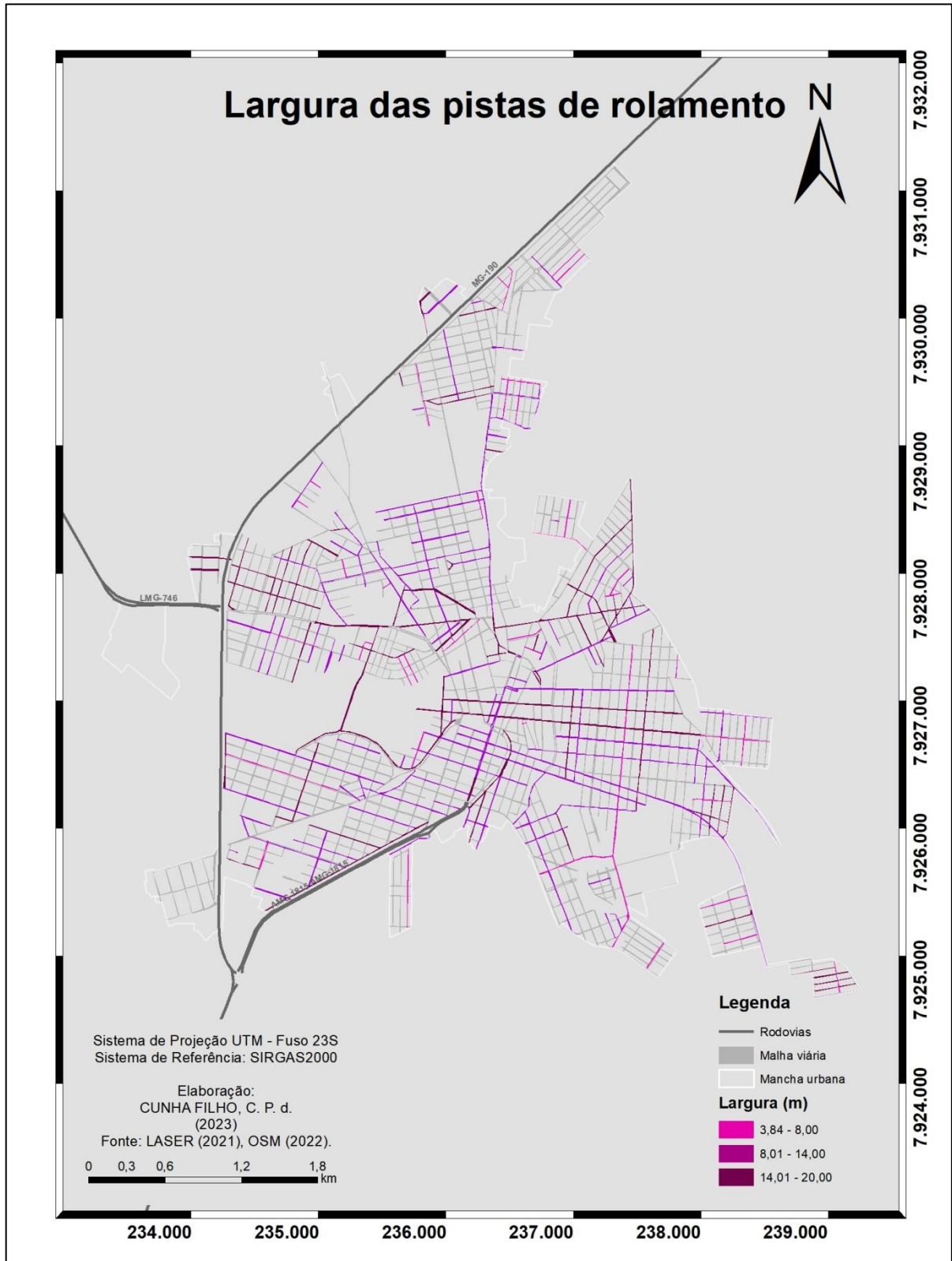
Fonte: elaboração própria.

O mapa de declividade da mancha urbana de Monte Carmelo – MG apresenta valores de declividade que variam entre 0,0% a 37,4%. Além disso, é possível observar que o perímetro urbano detém, em sua maioria, de baixas variações de declividade, configurando-se predominantemente como plano. Dessa forma, em geral as condições das vias possibilitam velocidades mais altas, nas vias arteriais a velocidade diretriz pode variar de 50 até 80 km/hora (Tabela 2).

Além disso, são identificados trechos com alta declividade nas proximidades dos córregos que atravessam a cidade, sendo o Córrego Mumbuca no sentido Norte-Sul e outro sem denominação no sentido Leste-Oeste. Dessa forma, nesses trechos, as vias podem desenvolver velocidades crescentes em uma faixa e decrescentes em outra faixa de trânsito. Assim, a velocidade diretriz no sistema viário pode variar dependendo do fluxo de circulação e volume de tráfego.

A largura das pistas de rolamento está expressa na Figura 15.

Figura 15 – Largura das pistas de rolamento

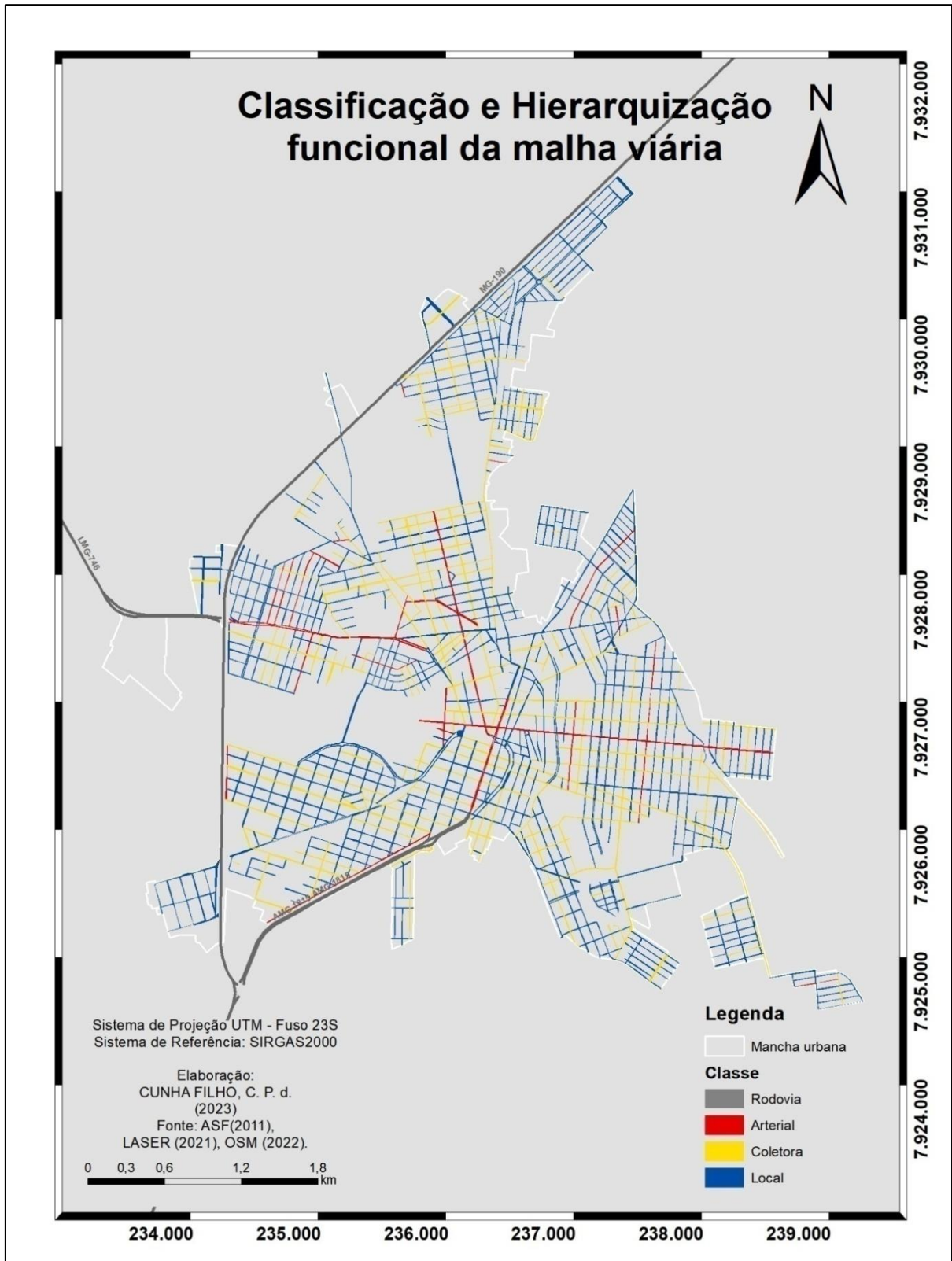


Fonte: elaboração própria.

O mapa de largura das pistas de rolamento de Monte Carmelo – MG apresenta algumas vias com larguras com valores maiores que 14,00 metros, outras com larguras entre o intervalo de 8,00 a 14,00 metros, e, a minoria com larguras menores que 8,00 metros, sendo a menor largura identificada igual a 3,84. Vias que apresentam a pista de rolamento mais estreita comporta um menor fluxo de veículos quando comparadas àquelas mais largas, assim, são classificadas como locais, ao passo que vias mais largas ocupam o espaço de arteriais.

Após o cruzamento dos mapas concebidos é identificada a classificação e hierarquização de forma funcional da malha viária urbana do município de Monte Carmelo – MG. A classificação funcional e hierarquização da malha viária urbana de Monte Carmelo, considerando as variáveis rampa máxima (declividade) e largura das pistas de rolamento, pode ser visualizada na Figura 16.

Figura 16 – Classificação funcional e hierarquização da malha viária urbana de Monte Carmelo – MG



Fonte: elaboração própria.

Ao final do trabalho são verificadas 573 vias urbanas no total. Estas dividem-se em arteriais, sendo 32 vias, comportando 05,58% do total; coletoras, as quais se somam em 152

vias, comportando 26,53% do total; e locais, em maior número, compreendem 389 vias, comportando 67,89%; além das rodovias MG-190, LMG-746 e AMG-1815 as quais dão acesso à malha viária urbana. O resultado obtido é evidenciado na Figura 15.

7 CONCLUSÃO

O modelo digital do terreno e o mapeamento das variáveis declividade e largura da pista de rolamento possibilitaram numa classificação e hierarquização funcional da malha viária urbana do município de Monte Carmelo – MG, um município de pequeno porte, o qual apresenta uma população de 47.267 habitantes. Este processo se deu a partir da aplicação da técnica de geoprocessamento, em ambiente SIG, a fim de manipular de dados os quais definem a função das vias e os parâmetros de projeto geométrico definidos em manuais técnicos de engenharia de tráfego, conforme especificado nos objetivos do trabalho. Tais dados compreendiam a declividade do terreno e a largura das vias.

A classificação e hierarquização funcional da malha viária urbana de Monte Carmelo – MG permitiu identificar a qual classe cada via inserida na mancha urbana do município pertence de forma em que foi levada em consideração a função que a via exerce. A classificação e hierarquização funcional de uma malha viária é a premissa fundamental para a racionalização dos deslocamentos, logo, configura-se como uma ferramenta essencial no planejamento do tráfego de uma cidade, visto que são verificadas melhorias no sistema de mobilidade do município, tais como redução de congestionamentos, maior mobilidade e acessibilidade aos usuários conforme a demanda, além da redução de impactos ambientais, econômicos e sociais, como, por exemplo, acidentes de trânsito e poluição.

Ademais, é denotado a importância e os benefícios advindos ao aliar a técnica de geoprocessamento ao planejamento da mobilidade urbana. Tal ferramenta auxilia na tomada de decisão a partir da manipulação de dados geoespaciais. Dessa forma, destaca-se que a metodologia elaborada neste trabalho pode ser implementada em outros municípios, verificadas as configurações de cada um, a fim de que se atinja a classificação e hierarquização funcional viária e o plano de mobilidade urbano adequado.

8 RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se que para trabalhos futuros sejam empregues imagens de melhor resolução espacial, principalmente para o MDT, o qual pode ser obtido através de um

aerolevante. Além disso, vale incrementar ao estudo as variáveis largura da calçada e volume de tráfego de veículos e de propulsão humana (a pé e bicicleta). E ainda, a fim de tornar o trabalho mais completo e robusto, é interessante que se complete os nomes das vias as quais não foram identificadas pelo OSM.

REFERÊNCIAS

- ALASKA SATELLITE FACILITY – ASF. EarthData.* Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/> Acesso em: 21 out. 2022.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS– AASHTO. A policy on geometric design of highways and streets.* 2001. Disponível em: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/aashto-2001.pdf> Acesso em: 26 mai. 2022.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS– AASHTO. A AASHTO LRFD bridge design specifications.* 2012. Disponível em: [http://lecturer.polnes.ac.id/dosen/budinugroho/E%20book%20AASHTO%20BRIDGE%20LRFD%20DESIGN%20SPESIFICATIONS%202012/AASHTO%20LRFD%20Bridge%20Design%20Specifications%20\(6th%20Eition\)%20\(2012%20US\).PDF](http://lecturer.polnes.ac.id/dosen/budinugroho/E%20book%20AASHTO%20BRIDGE%20LRFD%20DESIGN%20SPESIFICATIONS%202012/AASHTO%20LRFD%20Bridge%20Design%20Specifications%20(6th%20Eition)%20(2012%20US).PDF) Acesso em: 26 mai. 2022.
- BARACAT, F. A. P. Meio ambiente urbano: importância do plano director e do estudo de impacto de vizinhança. **Rev. Fac. Dir. Sul de Minas**, v. 27, n. 1, p. 33-48, 2008.
- BARBOSA, R. L.; HIRAGA, A. K.; GALLIS, R. B. d. A.; REISS, M. L. L. Elaboração de uma base cartográfica de Monte Carmelo com imagens aéreas. *In: Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia (SiRAC), II, 2021, Monte Carmelo, MG, Brasil. Anais... Monte Carmelo: SiRAC, 2021. p. 14-19.*
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas** - Rio de Janeiro, 2010. 392 p.
- BRASIL. LEI Nº 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm Acesso em 17 jul. 2022.
- 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm Acesso em: 07 jul. 2022.
- BRASIL. LEI Nº 12.587, DE 03 DE JANEIRO DE 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm Acesso em: 07 jul. 2022.
- BENNETT, J. **OpenStreetMap: be your own cartographer.** Birmingham: Packt Publishing, 2010.
- BERRY, J. *Cartographic Modeling: the analytical capabilities of GIS* In: GOODCHILD, M.; PARKS, B.; STEYAERT, L. (Ed.) **Environmental Modeling with GIS.** Oxford: Oxford University Press, 1993, pp. 58-74.
- BORN, L. N. A política de mobilidade urbana e os planos diretores. *In: SANTOS JUNIOR, O.A.; MONTADON, T.D. (Org.) Os Planos Diretores Municipais Pós-Estatuto da Cidade:*

balanço crítico e perspectivas. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Cidades: IPPUR/UFRJ, 2011, pp. 155-172.

BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems*. Oxford: Clarendon Press, 1986.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001, 345 p.

CARNEIRO, W. P.; FAÇANHA, A. C. O planejamento e a gestão urbana em cidades pequenas: o caso da cidade de Barras (PI). *In: Encontro Nacional da ANPEGE – ENANPEGE, XI, 2015, Presidente Prudente, SP, Brasil. Anais... Presidente Prudente: ENANPEGE, 2015. p. 1084-1094.*

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

CEP TECNOLOGIA. Disponível em: <https://blog.cpetecnologia.com.br/mdt-e-mds-voce-sabe-a-diferenca/mdt-e-mds/> Acesso em: 23 out. 2022.

CUNHA FILHO, C. P. d.; SILVA, M. K. A. d.; CAMPOS, I. A. Mapeamento do risco de incêndio do município de Cáceres – MT. *In: Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia (SiRAC), II, 2021, Monte Carmelo, MG, Brasil. Anais... Monte Carmelo: SiRAC, 2021. p. 161-170.*

D'ANDREA, C. **O estatuto da cidade e os planejamentos de transporte e de circulação**. 2004. 159 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos - São Carlos. 2004.

DE BIASE, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 45-60, 1992.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. 1999. Disponível em: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Artigos%20Extras/Manual%20Projeto%20Geometrico%20-%20DNER.pdf Acesso em: 07 jun. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf Acesso em: 29 mai. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br> Acesso em: 15 jul. 2022.

DUARTE, F. **Planejamento urbano**. Curitiba: Ibipex, 2009.

EARTHDATA. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/> Acesso em: 21 out. 2022.

EASTMAN, J.R. **IDRISI - A Grid-Based Geographic Analysis System**. Worcester: Clark University, 1990. 363p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **ALOS – Advanced Land Observing Satellite**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos> Acesso em: 23 out. 2022.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. 1997. 158 p. Tese (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, 1997.

GROTH, D. I.; OLIVEIRA, T. D. d.; MÜLLER, L. C.; VIVIAN, D. C.; GÖTZ, L. M.; SOUZA, W. d. S. d. Planejamento urbano e sua aplicabilidade em pequenas cidades: o estudo de caso do município de Esperança do Sul – RS. *In*: Seminário de Iniciação Científica, XXIII, 2015, Ijuí, RS, Brasil. **Anais...** Ijuí: SIC, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados> Acesso em: 23 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **MDE – Modelo Digital de Elevação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html> Acesso em: 07 jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Monte Carmelo**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montecarmelo/panorama>. Acesso em: 07 jul. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Ambdata**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade_gradiente.php Acesso em: 15 jul. 2022.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY – JAXA. **PALSAR Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar**. Disponível em: https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/alos/sensor/palsar_e.htm Acesso em: 23 out. 2022.

LABORATÓRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E FOTOGRAMETRIA – LASER UFU.

MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. **Geographical Information Systems: applications**. Harlow: Longman, 1993.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br> Acesso em: 20 jul. 2022.

MONTE CARMELO. LEI Nº 11 DE OUTUBRO DE 2006. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Monte Carmelo/MG e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Monte Carmelo, MG, 11 de out. 2006.

MONTE CARMELO. LEI Nº 1.388, DE 23 DE AGOSTO DE 2017. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano no Município de Monte Carmelo/MG. **Diário Oficial do Município**, Monte Carmelo, MG, 23 ago. 2017.

MONTE CARMELO. **Prefeitura de Monte Carmelo – Perfil municipal**. Disponível em: <https://www.montecarmelo.mg.gov.br/perfil>. Acesso em: 07 jul. 2022.

MOURA, A. M. d. **Planejamento urbano e planejamento de transporte: uma relação desconexa?** 2017. 366 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília - Brasília. 2017.

MUNDOGEO. **Cadastro Técnico: Uma Ferramenta de Gestão Territorial Para Municípios de Pequeno Porte**. Disponível em: <https://mundogeo.com/2015/07/20/cadastro-tecnico-uma-ferramenta-de-gestao-territorial-para-municipios-de-pequeno-porte/> Acesso em: 25 out. 2022.

ORLANDO, V. S. W.; MEIRELES, T. A. V.; SANTIL, F. L. d. P. Análise da informação cartográfica para fins de produtos cartográficos. *In*: Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial (COBRAC), XIV, 2020, Florianópolis, SC, Brasil. **Anais...** Florianópolis: COBRAC, 2020.

QUEIROZ, E. A. d. **Utilização do sistema de informações geográficas no estudo da dinâmica do escoamento superficial em áreas urbanas: aplicação na bacia do córrego do Gregório**. 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1996.

FERREIRA, R. H. **Análise especial da declividade das vias e dos polos geradores de viagens para a definição de uma rede cicloviária**. 2021. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo. 2021.

REZENDE, D. A.; ULTRAMARI, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Revista de Administração Pública – RAP**, v. 41, n. 2, p. 255-271, 2007.

REZENDE, G. H; CHUERUBIM, M. L. Verificação da declividade e largura de uma via urbana para atendimento à multimodalidade de transportes. *In*: Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia (SINGEORB), III, 2021, Maceió, AL, Brasil. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 405-414.

SANTOS, J. L. d. C. A integração entre o planejamento dos transportes e os instrumentos de planejamento e gestão urbanos para uma cidade sustentável. **Revista VeraCidade**, v. 3, n. 3, 2008.

SILVA, J. M. d. Planejamento urbano, comunicação e qualidade de vida. **Revista Ciência Geográfica**, v. 25, n. 1, p. 234-242, 2021.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C.; FIORI, A. P.; ZAI, C. Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná. *In*: Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), VI, 2006, Goiânia, GO. Brasil. **Anais...** Goiânia: SINAGEO, 2006. p. 1-10.

SOUZA, G. V. **Geração de MDT usando um triplet de imagem ALOS e a transformação linear direta (DLT)**. 2011. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba. 2011.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: Annablume, 2001.

WOLF, P. R.; DEWITT, B. A. *Elements of Photogrammetry: with Applications in GIS*. USA: McGraw Hills Comp., 2000.

ZANARDI, R. P. **Geração de modelo digital de terreno a partir de par estereoscópico do sensor CCD d satélite CBERS-2 e controle de qualidade das informações altimétricas**. 2006. 94 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Metereologia – CEPSRM, Porto Alegre. 2006.

APÊNDICE

Quadro 1 – Classificação funcional e hierarquização da malha viária urbana de Monte Carmelo – MG

| Arterial | Coletora | Local |
|----------------------------------|--------------------------------|--|
| Avenida Belo Horizonte | Alameda Água Vermelha | Alameda Romaria |
| Avenida Dois | Alameda Iraí de Minas | Alamedas dos Jequitibás |
| Avenida João Pinheiro | Avenida B | Avenida A |
| Avenida Olegário Maciel | Avenida Brasil Norte | Avenida Brasil Leste |
| Avenida Quinze de Novembro | Avenida Brasil Oeste | Avenida do Contorno |
| Rua 4 | Avenida D | Avenida Paranaíba |
| Rua A | Avenida da Saudade | Avenida Quatro |
| Rua Alvorada | Avenida Dona Clara | Praça Armindo Paranhos |
| Rua Amazonas | Avenida Escarpeline | Praça José Bonifácio |
| Rua B | Avenida José Avelino | Rua 10 |
| Rua Chile | Avenida José Soares | Rua 11 |
| Rua Colombia | Avenida Marginal | Rua 12 |
| Rua D | Avenida Perimetral Sul | Rua 2 |
| Rua Jucelino Kubitschek | Avenida Romualdo Resende | Rua 4 |
| Rua Odilon Rodrigues de Oliveira | Avenida Santa Rita de Cássia | Rua 5 |
| Rua Rio Doce | Praça Afonso Pena | Rua 6 |
| Rua Santa Catarina | Praça Nossa Senhora do Carmo | Rua 7 |
| Rua Santo Agostinho | Rua 1 | Rua Abadia dos Dourados |
| Rua Tamolos | Rua 8 | Rua Acácias |
| Rua Virgílio Ramos Portilho | Rua Alameda Ásia | Rua Alameda dos Ipês |
| Rua Zilda Fernandes | Rua Alameda dos Angicos | Rua Alferes Euzébio |
| | Rua Alameda dos Bunitis | Rua Antônio Teodoro |
| | Rua Alameda dos Pinheiros | Rua B |
| | Rua Álvaro Cardoso de Oliveira | Rua Colombia |
| | Rua Anchova | Rua Coronel Feliciano Rodrigues da Costa |
| | Rua Antônio Paulino | Rua Delfim Moreira |
| | Rua Áustria | Rua Diacuí |
| | Rua B | Rua Dimas Resende |
| | Rua Bananal | Rua I |
| | Rua Brasil Oeste | Rua Inca |
| | Rua Brasília | Rua J |
| | Rua C | Rua Paraguai |
| | Rua Carlos Teodoro | Rua Piaçás |
| | Rua Castro Alves | Rua Piratininga |
| | Rua Ciganinha | Rua Rio Negro |
| | Rua Coronel José Cardoso | Rua Rui Olimpio da Cruz |

Quadro 1 – Classificação funcional e hierarquização da malha viária urbana de Monte Carmelo – MG

| Arterial | Coletora | Local |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|
| | Rua Coronel José Virgílio Rosa | Rua Santo Antônio |
| | Rua Crisolina | Rua São José |
| | Rua Cuiabá | Rua Tupinambás |
| | Rua D | Rua Venezuela |
| | Rua das Angélicas | |
| | Rua das Aroeiras | |
| | Rua das Azaléias | |
| | Rua das Droseas | |
| | Rua Dona Sinda | |
| | Rua dos Tambus | |
| | Rua Durval Martins | |
| | Rua Elias Augusto | |
| | Rua Erico Verissimo | |
| | Rua Espanha | |
| | Rua Espírito Santo | |
| | Rua Estrela do Sul | |
| | Rua Eucalipto | |
| | Rua Formosa | |
| | Rua Frei Caneca | |
| | Rua G | |
| | Rua Goianases | |
| | Rua Guaicurus | |
| | Rua Hungria | |
| | Rua Indiana | |
| | Rua Inglaterra | |
| | Rua Jaboticabal | |
| | Rua Jales Machado Siqueira | |
| | Rua Jesus Rosa de Oliveira | |
| | Rua Joaquim Luzia da Costa | |
| | Rua José de Alencar | |
| | Rua José de Bonifácio | |
| | Rua José Generoso | |
| | Rua L | |
| | Rua Laerte Cabendo | |
| | Rua Laguna | |
| | Rua Lambari | |
| | Rua Liberdade | |
| | Rua Maciel do Lago | |
| | Rua Mandi | |
| | Rua Monteiro Lobato | |
| | Rua Nove | |

Quadro 1 – Classificação funcional e hierarquização da malha viária urbana de Monte Carmelo – MG

| Arterial | Coletora | Local |
|-----------------|-----------------------------------|--------------|
| | Rua Oito | |
| | Rua Olegário Dornelas de Oliveira | |
| | Rua Osvado Garcia | |
| | Rua Padre Cesar | |
| | Rua Padre Vicente Peres | |
| | Rua Palissi | |
| | Rua Paraíba | |
| | Rua Patrocinio | |
| | Rua Pedro Alves Resende | |
| | Rua Pedro F. Aguiar | |
| | Rua Pernambuco | |
| | Rua Piau | |
| | Rua Pinheiros | |
| | Rua Pirapitinga | |
| | Rua Polônia | |
| | Rua Quinta Avenida | |
| | Rua Quirino José Quadros | |
| | Rua Raimundo Rodrigues da Costa | |
| | Rua Riachuelo | |
| | Rua Rio Dourado | |
| | Rua Rio Grande do Norte | |
| | Rua Ronan Cardoso Naves | |
| | Rua Salto da Divisa | |
| | Rua Santa Maria | |
| | Rua São Sebastião | |
| | Rua Silvio Cardoso | |
| | Rua Sucupira | |
| | Rua Suécia | |
| | Rua Suiça | |
| | Rua Tabajaras | |
| | Rua Terezina | |
| | Rua Tordesilhas | |
| | Rua Tupi | |
| | Rua Uberaba | |
| | Rua Vinte e Um de Abril | |
| | Rua Vitória | |
| | Rua Wilian de Oliveira | |