

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

RAFAEL HENRIQUE FERREIRA

**ANÁLISE ESPACIAL DA DECLIVIDADE DAS VIAS E DOS POLOS GERADORES
DE VIAGENS PARA A DEFINIÇÃO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA.**

MONTE CARMELO

2021

RAFAEL HENRIQUE FERREIRA

**ANÁLISE ESPACIAL DA DECLIVIDADE DAS VIAS E DOS POLOS GERADORES
DE VIAGENS PARA A DEFINIÇÃO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA.**

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

Orientadora: Prof. Dra. Luciany Oliveira Seabra
Coorientador: Vinícius Ferreira Sales

MONTE CARMELO

2021

**ANÁLISE ESPACIAL DA DECLIVIDADE DAS VIAS E DOS POLOS GERADORES
DE VIAGENS PARA A DEFINIÇÃO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA.**

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

Monte Carmelo, 04 de novembro de 2021.

Dra. Luciany Oliveira Seabra, FECIV/UFU
(Orientadora)

Eng. Vinícius Ferreira Sales
(Coorientador)

Dr. João Vitor Meza Bravo IG/UFU
(Membro convidado)

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram para cada conquista nessa trajetória e também, em especial, a minha avó Teresinha e meus pais José e Maria por acreditarem que este sonho seria possível.

AGRADECIMENTOS

Neste momento, em que finalizo o curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, a única coisa que sinto é gratidão aos que, diretamente ou indiretamente, fizeram parte desta trajetória até aqui.

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha avó e aos meus pais por serem à base da minha jornada. Sem eles, isso seria impossível. Obrigado também aos outros membros da minha família, que de alguma forma me apoiaram. Sinto também uma eterna gratidão à minha professora orientadora Dra. Luciany Oliveira Seabra, por acreditar e não medir esforços para corrigir e sugerir melhorias em todos os trabalhos desenvolvidos durante a graduação.

Agradeço aos meus colegas da 11^a turma de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica por me receberem bem. Em especial, agradeço aos meus amigos Joelson Fernandes de Oliveira, Pâmela Inês de Souza Castro e Laura Cristina Moura Xavier pela parceria nessa trajetória, sendo essas pessoas as que eu tenho profundo carinho e admiração.

E finalmente, mas não menos importante, à população do município de Monte Carmelo-MG pelo acolhimento nesse período.

RESUMO

A mobilidade urbana, com o uso indiscriminado do veículo automotor, tem gerado muitos problemas de acessibilidade e mobilidade. Atualmente a problemática ocorre mesmo em cidades de médio e pequeno porte. Com o crescimento urbano da cidade de Monte Carmelo, enfatizado pela instalação do Campus da Universidade Federal de Uberlândia, os impactos negativos na mobilidade urbana são crescentes. A priorização do transporte não motorizado em relação ao motorizado é essencial para contribuir para o desenvolvimento sustentável. Na área de transportes, a sustentabilidade, ao longo da última década, se consolidou pelo conceito de mobilidade urbana sustentável. A bicicleta é um veículo não motorizado e que não emite poluentes ao ambiente além de ser saudável, ecológico e acessível à população. Diversos fatores influenciam na escolha da bicicleta como meio de transporte, entre eles a segurança, o conforto e o tempo de deslocamento que estão diretamente relacionados às características do relevo. O ambiente construído e a declividade são uteis na definição de rotas cicláveis, para tal foi necessário investigar as relações espaciais e o relevo numa área de estudo. O presente trabalho tem como objetivo propor uma rede cicloviária para a cidade de Monte Carmelo-MG, considerando a escala de *Borg* modificada. A partir dos dados das vias, extraídos da plataforma livre *OpenStreetMap* e dos dados geográficos de declividade, advindos de imagens do satélite *Alos Palsar*, em um ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), foram elaborados mapas temáticos que possibilitaram uma análise espacial por trecho de via em relação à declividade. Os Polos Geradores de viagens (PGVs) foram considerados na previsão de geração de demanda de transporte nas análises dos trechos dos locais de estudo e também a uma possível demanda de transporte analisando os PGVs nos trechos da cidade. Assim, as análises possibilitaram a definição do trajeto ciclável mais adequado para a área de estudo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MATRIZ DE DESEMPENHO DOS VEÍCULOS INDIVIDUAIS EM TRÁFEGO URBANO	14
FIGURA 2 - EXEMPLO DE CICLOVIA	16
FIGURA 3 - EXEMPLO DE CICLOFAIXA	16
FIGURA 4 - EXEMPLO DE CICLORROTAS	17
FIGURA 5 - ESCALA BORG MODIFICADA	18
FIGURA 6 - ESTRUTURA GERAL DE UM SIG	21
FIGURA 7 - VERSÃO SIMPLIFICADA DO MODELO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DE KOLÁČNÝ	23
FIGURA 8 - ETAPAS DO PROJETO CARTOGRÁFICO	23
FIGURA 9 - MDS E MDT	25
FIGURA 10 - CRITÉRIOS DO PEC FONTE: DECRETO N° 89.817 DE 20 DE JUNHO DE 1984.	28
FIGURA 11 - MAPA DA ÁREA DE ESTUDO LOCALIZADA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO NO ESTADO DE MINAS GERAIS.	29
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DO TRABALHO	30
FIGURA 13 - PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA DA ALTIMETRIA(CURVAS DE NÍVEL) DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DIGITAIS	33
FIGURA 14 - MAPA DA DISCREPÂNCIA ENTRE OS PONTOS COLETADOS E OS PONTOS DE TESTE	36
FIGURA 15 - GRÁFICO DA DISCREPÂNCIA ENTRE OS PONTOS COLETADOS E OS PONTOS DE TESTE	36
FIGURA 16 - MAPA HIPSOMÉTRICO DA MANCHA URBANA DO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO-MG	39
FIGURA 17 - MAPA DE DECLIVIDADE DAS VIAS DO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO-MG	40
FIGURA 18 - MAPA DE VIAS CICLÁVEIS E NÃO CICLÁVEIS DADA A DECLIVIDADE DO TERRENO	41
FIGURA 19 - GRÁFICOS PERFIL TOPOGRÁFICO DAS RUAS NÃO CICLÁVEIS	42
FIGURA 20 - MAPA DE CONTAGEM DE PGVS NA MANCHA URBANA DE MONTE CARMELO-MG	43
FIGURA 21 - PROPOSTA DE UMA REDE CICLOVIÁRIA PARA A MANCHA URBANA DO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO-MG	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSES DE DECLIVIDADE ATRIBUÍDAS AO RELEVO	18
TABELA 2 - CÁLCULO DAS DISCREPÂNCIAS E DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO	37
TABELA 3 - RESULTADO DO PEC PARA CADA ESCALA ESTABELECIDADA	38

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	12
3.	JUSTIFICATIVA.....	12
4.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
5.1	Mobilidade urbana e a bicicleta.....	14
5.2	Ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas.....	15
5.3	Fatores que influenciam na escolha de rotas cicláveis.....	17
5.4	Sistema de informação geográfica.....	20
5.5	Representação cartográfica.....	22
5.	MATERIAL E MÉTODO.....	28
6.1	Área de estudo.....	28
6.2	Material.....	29
6.3	Métodos.....	30
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
7.1	Validação da imagem de satélite.....	35
7.2	Identificação da hipsometria.....	38
7.3	Caracterização das declividades.....	39
7.4	Espacialização dos PGVs.....	43
7.5	Proposta de uma rede cicloviária.....	44
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
9.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	46
	REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

Um dos direitos fundamentais citado pela Constituição da República Federativa do Brasil (1988) é o direito de ir e vir do cidadão brasileiro. No entanto, um dos maiores desafios na promoção deste direito constitucional e da sustentabilidade é o transporte urbano e seus efeitos negativos (SEABRA, 2013). Segundo Seabra 2013, o tema se consolidou pelo conceito de mobilidade urbana sustentável e de acordo com Brasil 2007, visa um conjunto de políticas de transporte e circulação por meio do acesso amplo e democrático ao espaço urbano de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável.

A utilização em massa do automóvel, tendo em vista a atual concentração de renda no país, transfigura-se economicamente inviável a maior parcela da população, além de despejar muitos poluentes no meio ambiente e causar grandes congestionamentos no tráfego (DENATRAN, 2021). Segundo DENATRAN (2021), o Brasil já tem um automóvel para cada 4,4 habitantes. O transporte público coletivo nem sempre atende a demanda de passageiros, pois em grandes metrópoles é recorrente a superlotação desse modal não o tornando autossustentável.

De acordo com Rocha (2018), dada a atual priorização do transporte motorizado individual, o ato de deslocar-se entre pontos da cidade torna-se penoso, seja pelo tempo consumido, pela poluição ambiental e/ou sonora. Nesse sentido, a priorização do transporte não motorizado contribui diretamente para amenizar estes problemas. Segundo o Ministério das Cidades (2007), é necessário o incentivo do uso das bicicletas nos deslocamentos urbanos, considerando que elas contribuem para a mobilidade ambiental sustentável, pelo fato de não provocar poluição no meio ambiente. A bicicleta é um veículo de tração humana, conforme definido pelo Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997), o que contribui para o desenvolvimento sustentável do transporte urbano não motorizado.

Ademais, Enderson Fabian (2013) ressalta que para que o ciclismo se torne uma prática recorrente e atual, é necessário enfrentar as dificuldades estruturais e ao mesmo tempo buscar mudanças comportamentais da população, sendo possível promover mudanças desde que haja um planejamento, uma distribuição justa do espaço de circulação e transporte. Com isso, é possível promover mudanças na educação para o trânsito.

Nesse contexto, crescem os adeptos ao uso da bicicleta como meio de transporte nas metrópoles (PEGN, 2021). O projeto de uma rede cicloviária é simples, ocupa um pequeno

espaço físico, congestionamentos convenientes, não emite poluentes e tem baixo custo operacional. Nesse sentido, a bicicleta é um veículo de tração humana, conforme definido pelo Regulamento de Trânsito Brasileiro (Anexo 1, Conceitos e Definições), que contribui para o desenvolvimento sustentável do transporte urbano. Além disso, nas pequenas cidades, esse pode ser o único meio de transporte utilizado para percorrer médias e longas distâncias dado a falta de opções.

A fim de promover equidade de transporte nas cidades, é necessário o investimento em transportes sustentáveis e economicamente viáveis. Equacionar de que forma a promoção do uso de determinados modos de transporte considerados ambientalmente sustentáveis, poderá contribuir, para a melhoria da acessibilidade e das zonas urbanas congestionadas, e também, para o aumento da esperança e qualidade de vida do cidadão (SILVA e SILVA, 2005).

Devido às características da bicicleta como modo de transporte, o deslocamento no espaço geográfico torna-se diferenciado quando comparado com os veículos motorizados. Por suas especificidades, o ciclismo é uma boa opção para descongestionar o trânsito, em grandes cidades, em determinadas localidades pela sua baixa necessidade de espaço de circulação nas vias. (SEGUROALTO, 2021).

No entanto, para promover a circulação de bicicletas nas áreas urbanas da cidade, é necessário que haja uma rede cicloviária bem planejada e uma infraestrutura que garanta a segurança do usuário deste modal de transporte. O microclima, a qualidade do pavimento, a extensão do percurso e a declividade das vias compõem alguns fatores essenciais para o incentivo da implantação de uma rede cicloviária (SEGADILHA, 2014).

Destaca-se aqui a declividade das vias como objeto de estudo por ser um fator predominante na escolha do modo de transporte pelo usuário. Vias com alta declividade torna o percurso inviável pelo alto desgaste físico necessário para o deslocamento (SEMOB, 2016). Como forma de identificar vias com uma declividade ideal ciclável, o presente trabalho tem como objetivo utilizar ferramentas e técnicas de geoprocessamento para identificar a viabilidade uma rede cicloviária dado à declividade da mancha urbana do município de Monte Carmelo-MG. As técnicas de geoprocessamento possibilitam identificar vias com declividade ideal para o planejamento de uma rede cicloviária para o município.

Além disso, alguns outros fatores são essenciais na determinação de uma rede cicloviária, como as condições climáticas, fatores socioculturais e fatores do tráfego por exemplo. Um

fator importante para destacar no estudo são os Polos Geradores de Viagens (PGV's), que são utilizados para identificar a demanda potencial, ou na previsão a demanda potencial de deslocamentos por bicicleta. Os polos geradores de viagens (PGV's) são os locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um contingente significativo de viagens (PORTUGAL E GOLDNER, 2003).

O produto, por sua vez, deverá servir a um propósito definido segundo as necessidades dos usuários leitores do mapa e as características desses mesmos indivíduos (MONTELLO, 2002). Enfatizar a necessidade do acompanhamento científico e técnico do modal de transporte por bicicleta é necessário para subsidiar políticas públicas e ações civis voltadas à promoção desse meio de transporte e melhorar a sustentabilidade urbana.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral utilizar um ambiente SIG para analisar a declividade da malha viária e a localização dos polos geradores de viagens do município de Monte Carmelo-MG a fim de determinar uma rede cicloviária.

Os objetivos específicos são:

- Adquirir o modelo digital de elevação do terreno e avaliar o MDT;
- Caracterizar declividades de via;
- Identificar fatores da mobilidade para a implantação de uma rede cicloviária;
 - Localizar os principais polos geradores de viagens por bicicleta;
 - Identificar a declividade do terreno favorável ao uso da bicicleta como meio de transporte;

3. JUSTIFICATIVA

A sustentabilidade é tema prioritário na pauta de discussão das mais diversas organizações, além de ser considerada uma prioridade global pela Organização das Nações Unidas (ONU) (SEABRA, 2013). Na área de transportes, a sustentabilidade, ao longo da última década, se consolidou pelo conceito de mobilidade urbana sustentável que enfoca a interação dos fluxos de deslocamentos de bens e de pessoas no espaço urbano, realizados por modos de transportes motorizados ou não (SEABRA, 2013).

A priorização do transporte cicloviário em detrimento ao transporte motorizado pode trazer muitos efeitos positivos na sustentabilidade e na economia do país influenciando

diretamente a qualidade ambiental pela baixa perturbação, pela contribuição direta na saúde física do usuário e pela flexibilidade de horários e rotas não preestabelecidas (CET-SP, 2021). Embora as condições do clima influenciem negativamente na utilização da bicicleta, o baixo custo de aquisição e manutenção da bicicleta torna o sistema acessível à população se comparado a outros modos de transporte motorizado. A eficiência energética é outro benefício desse modo de transporte por seu consumo muito pequeno de energia.

Outro benefício está ligado a menor necessidade do espaço público para a implantação de uma rede cicloviária. Segundo o Manual de Planejamento Cicloviário (2001), para ter um número de referência, em uma hora passam até 1.500 bicicletas por metro de largura de via. Assim, uma faixa de 3m comporta um fluxo de cerca de 4.500 bicicletas, enquanto permite a passagem de apenas 450 automóveis, aproximadamente. Além disso, há uma menor necessidade do espaço público para a circulação em comparação ao transporte motorizado.

Quanto à segurança do usuário, a rede cicloviária separa o fluxo de bicicleta dos demais fluxos, com separação por barreiras de proteção (grades de proteção, barreiras laterais, jardineiras, meio fio de concreto e etc.) ou por sinalização horizontal nas vias (faixas listradas), proporcionando mais percepção de segurança no trajeto. De acordo com Harvey et al. (2008), é comum que ciclistas se disponham a percorrer trechos mais longos, desde que estes sejam mais seguros. Fator este que corrobora com a necessidade de uma rede cicloviária adequada quanto ao trajeto mais viável.

Uma das variáveis a ser considerada na implantação de uma rede cicloviária é a representação cartográfica da declividade do terreno. Devido ao esforço físico, ciclistas tendem a evitar vias com grande inclinação. A cartografia do relevo possui papel fundamental para o planejamento, análise e gestão ambiental, visto que é no relevo onde há as principais atividades humanas, sendo esse o seu substrato (ANDRADE et al., 2010). Outra variável importante a ser considerada é o PGV para análise da demanda de transportes, uma vez que um PGV pode representar um local com uma demanda elevada de transportes. Correlacionando as duas variáveis é possível dizer o trecho viário que além de ter uma declividade ideal para o transporte por bicicleta, tem uma demanda estimada de transportes.

Em uma pesquisa realizada em Oregon, pode-se constatar que alguns ciclistas estavam dispostos a percorrer distâncias 37% maiores em uma rota plana, para desviar de declividades superiores a 2% (BROACH et al., 2012). Por isso, o estudo das características do relevo das

vias é essencial no planejamento da implantação de uma rede cicloviária, visto que a priorização do transporte se dá principalmente pelas características altimétricas da via.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Mobilidade urbana e a bicicleta

Para garantir uma mobilidade urbana com maior equidade, o ideal é o investimento governamental em todos os meios de transportes. De acordo com E-Moving (2021), a Holanda é considerada o país do ciclista, pois a cada dez pessoas nove utilizam a bicicleta como meio de transporte tanto para o trabalho quanto para o lazer. Além disso, segundo a mesma pesquisa, a Dinamarca possui cerca de 70% da população que utiliza a bicicleta diariamente.

O sistema de transporte urbano é dividido em modos de transporte. Na rede viária, cada modo de transporte circula de forma mais adequada para suas características. O transporte motorizado possui atributos diferentes do não motorizado, como demonstrado na Figura 1 abaixo. Quando não existem formas de separar esses dois modos de transportes, o não motorizado torna-se vulnerável e inseguro.

Figura 1 - Matriz de desempenho dos veículos individuais em tráfego urbano

CRITÉRIOS	DESEMPENHO			OBSERVAÇÕES
	AUTOMÓVEL	MOTO	BICICLETA	
Consumo de combustível	Alto	Médio	–	
Eficiência energética	Baixa	Baixa	Alta	Energia/usuário/km
Segurança do usuário	Média	Baixa	Baixa	
Taxa de ocupação	Baixa	Média	Alta	Ocupação média/ capacidade
Flexibilidade de utilização	Baixa	Média	Alta	
Capacidade de carga	Alta	Média	Baixa	
Velocidade porta-a-porta	Variável*	Alta	Alta	
Demanda espaço público	Alto	Médio	Baixo	
Custo para a comunidade	Alto	Baixo	Baixo	Infra-estrutura, energia etc.
Custo para o usuário	Alto	Médio	Baixo	Aquisição e manutenção
Perturbação ambiental	Alta	Alta	–	Barulho e gases
Contribuição à saúde	–	–	Alta	Saúde física e psíquica
Conforto do usuário	Alto	Médio	Baixo	
Status do usuário	Alto	Médio	Baixo	

* Depende do tráfego e da facilidade de estacionamento.

Fonte: Manual de planejamento cicloviário (2001)

Como opção amigável ao meio ambiente e acessível à população de todas as classes sociais, algumas cidades estão buscando inserir a bicicleta como um meio de transporte alternativo, como solução para os problemas do transporte urbano (SEGADILHA, 2014). De

forma justa e acessível para muitas cidades, essa é uma solução rápida e justa porque não requer um grande investimento em infraestrutura.

O incentivo ao ciclismo gera benefícios aos usuários do transporte e ao meio ambiente. Para concretizar esses benefícios, é necessário enfrentar as dificuldades estruturais e buscar mudanças. Isso só pode acontecer se houver vontade política, planejamento e distribuição justa espaço de circulação e educação no transporte (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Outro aspecto relacionado ao uso da bicicleta está associado à saúde do usuário pela sua capacidade de exercitar quase todos os grupos musculares do corpo.

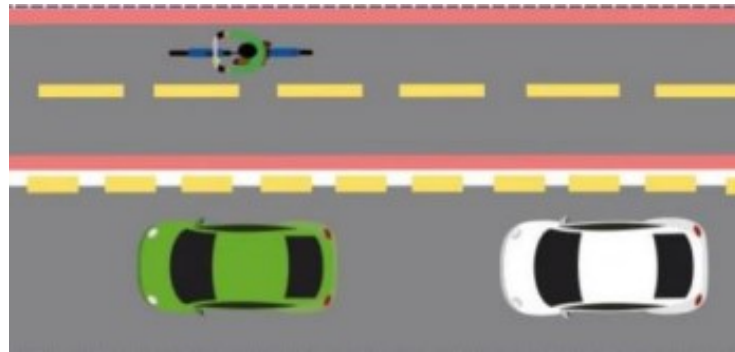
Ao meio ambiente o ciclismo contribui de forma direta em relação à poluição sonora. Se comparado com os veículos automotores, não há barulho de escapamento, de motor e pouco barulho de buzina. Outro benefício para a mobilidade urbana e o meio ambiente está relacionado à ausência de emissão de dióxido de carbono, onde o impacto principal é relativo à emissão de gases de efeito estufa. De acordo estudo realizado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (2017), os carros representam 72,6% da emissão de gases efeito estufa no estado de São Paulo.

Em relação à velocidade dos veículos motorizados, alguns ciclistas não consideram essa variável importante porque entendem que o comportamento do motorista no trânsito não afeta a escolha de certos trajetos dos ciclistas quando há uma segregação do tráfego motorizado do não motorizado (CASELLO et al. 2011). No que diz respeito ao transporte por bicicleta, o presente estudo pode evidenciar a relevância de alguns condicionantes de aceitabilidade: ciclovias com uma declividade ideal com as devidas sinalizações horizontais e verticais, iluminação noturna adequada e um planejamento urbano mais concordante para o acesso aos polos geradores de viagens por bicicleta.

5.2 Ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas

De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP), ciclo é um veículo de pelo menos duas rodas a propulsão humana. Ciclovia é o espaço viário destinado à circulação exclusiva de bicicletas, separado da pista de rolamento de veículos automotores por terrapleno, com mínimo de 0,20m de largura, sendo, habitualmente, mais elevada do que a pista de veículos motorizados. A ciclovia também pode assumir traçado totalmente independente da malha viária urbana ou rodoviária. Nesses casos, deverá ter controle de acesso em todos seus cruzamentos com outras estruturas viárias (GEIPOT, 2001). Um exemplo de ciclovia está indicado na Figura 2.

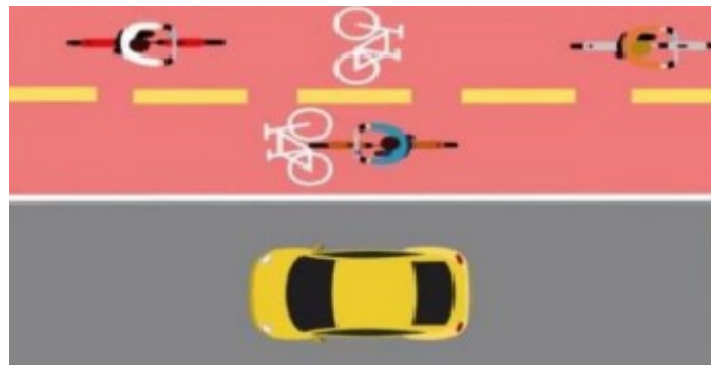
Figura 2 - Exemplo de ciclovia



Fonte: Adaptada Detran RJ,2018.

Segundo CET-SP, ciclofaixa é uma parte da pista de rolamento, calçada ou canteiro destinada à circulação exclusiva de ciclos, delimitada por sinalização específica conforme Figura 3. Além disso, a ciclofaixa deve ser sempre unidirecional, objetivando garantir um nível de segurança elevado em toda a sua extensão. Também, deve-se notar que a ciclofaixa, na aproximação dos cruzamentos, quando houver disponibilidade de espaço, deve ser canalizada, deixando a condição de ciclofaixa para passar a ser uma ciclovia com pequena extensão (GEIPOT, 2001).

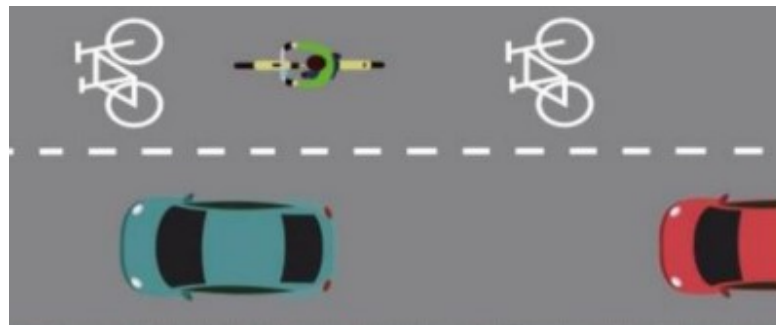
Figura 3 - Exemplo de ciclofaixa



Fonte: Adaptada Detran RJ,2018.

De acordo com CET-SP, ciclorrota é uma via com velocidade máxima reduzida, características de volume de tráfego baixo e com sinalização específica, indicando o compartilhamento do espaço viário entre veículos motorizados e bicicletas, criando condições favoráveis para sua circulação, interligando ciclovias, ciclofaixas e pontos de interesse, como detalhado na Figura 4.

Figura 4 - Exemplo de ciclorrotas



Fonte: Adaptada Detran RJ,2018.

5.3 Fatores que influenciam na escolha de rotas cicláveis

5.4.1 Características gerais geomorfológicas e a declividade do terreno

A Geomorfologia é a ciência que busca o entendimento entre o relevo e sua dinâmica, para sua compreensão é necessário entender o funcionamento entre seus componentes naturais (águas, solos, clima e vegetação natural) aos quais possuem valores significativos para o planejamento físico-territorial (ROSS, 1992).

Ross (1985) fez a análise do relevo com base nesses componentes e conseguiu compartimentar 28 unidades morfoesculturais do Brasil. Com base nessa classificação a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba se insere nos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná englobando terrenos sedimentares. Esses terrenos possuem maior probabilidade a erosão, formando feições com baixa declividade a altitudes altas que variam em média de 870 a 1000 metros (ROSS, 1985).

A declividade do terreno, por suas especificidades, valida a análise da declividade ideal ciclável. Segundo o INPE (2021), a declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. É dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Os valores de declividade podem variar de 0° a 90°, e podem também ser expressos em porcentagem.

De acordo com De Biase (1992), a declividade em porcentagem é mais cômoda de ser trabalhada, sendo a proporção entre a diferença de nível entre dois pontos de uma superfície e a distância horizontal entre estes dois pontos. Para a geração de uma carta de declividade, em porcentagem, Biasi (1970 e 1992), sugere o uso de um ábaco graduado, formando um ângulo

com as curvas de nível que tem seus limites em porcentagem. As classes de declividade foram definidas com base em De Biasi (1992), utilizando a Equação (1):

$$Dc = DN/DH \times 100 \quad (1)$$

Onde:

Dc = declividade; DN = equidistância das curvas; DH = distância horizontal.

A partir da aplicação dessa fórmula encontra-se os valores dos intervalos utilizados para a quantificação da declividade. O percurso do ciclista é particularmente afetado por ondulações fortes do terreno e, obviamente, uma topografia acidentada desestimula o uso da bicicleta (GEIPOT, 2001). A declividade foi definida por Lepsch et al, (1991), por meio de percentuais, de forma escalonada, agrupando locais de faixas específicas de altitude para cada relevo. A Tabela 1 a seguir representa as classes definidas para cada declividade.

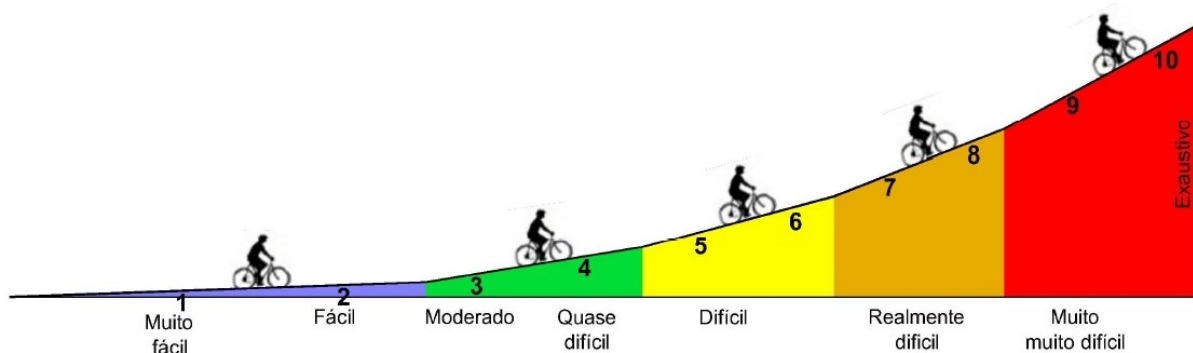
Tabela 1 - Classes de declividade atribuídas ao relevo

Classe	Declividade (%)	Relevo
A	<2	Plano ou quase plano
B	2 a 5	Declives suaves
C	5 a 10	Inclinada
D	10 a 15	Muito inclinada
E	15 a 45	Fortemente inclinada
F	45 a 70	Íngremes de região montanhosa
G	>70	Muito íngreme

Fonte: Lepsch et al, (1991).

Dias Júnior e Silva (2014) realizou um estudo sobre o efeito do declive na resistência física do ciclista ao pedalar. Para tanto, foi utilizada a Escala de *Borg* modificada, que estabeleceu uma nota de 1 a 10 para a fadiga percebida durante a atividade física. A Figura 2 abaixo ilustra a escala criada pelos autores.

Figura 5 - Escala Borg modificada



Fonte: adaptado de DIAS, JÚNIOR E SILVA, 2014.

O intervalo de inclinação do declive estabelecido por Lepsch (1991) está em conformidade com a escala *Borg* modificada que analisa o esforço físico do ciclista ao percorrer uma via com declividades variadas. Portanto, pode-se dizer que a inclinação do terreno afeta a resistência física do ciclista e, portanto, afeta o percurso que ele escolhe.

5.4.2 Quanto à estrutura cicloviária

Uma estrutura cicloviária permite a separação do tráfego motorizado do não motorizado em vias adequadas para o fluxo de bicicletas. Pode-se considerar que a estrutura cicloviária é composta por ciclovia, ciclofaixas ou ciclorrotas, que por sua vez, torna o trajeto de bicicletas mais seguro e confortável (CET,2021).

Segundo Segadilha (2014), os atributos que influenciam os ciclistas na escolha de suas rotas podem ser classificados em seis categorias: características da via, do tráfego, do ambiente, dos ciclistas, da viagem e da rota como um todo. Pelo fato de proporcionar maior segurança aos ciclistas, há uma preferência pelas infraestruturas de maior segregação do tráfego comum, ou seja, pelas ciclovias, seguida das ciclofaixas, seguida de rotas cicláveis. (SEGADILHA E SANCHES, 2014).

De acordo com o Ministério das cidades (2016), a adoção de ciclovias ou ciclofaixas depende da velocidade e do fluxo de veículos motorizados. Segundo o Ministério das cidades (2016), em vias com velocidade máxima superior a 60 km/h, salvo em casos de fluxo de veículos muito baixo, devem ser adotadas ciclovias. Nessas vias, quando admitido uma rede cicloviária e há a realização de incentivos público à utilização, impacta positivamente diretamente no congestionamento das vias de grande fluxo.

5.4.3 Polo Gerador de Viagens

Os Polos Geradores de Viagem – PGV's podem ser classificados de acordo com a sua natureza e a intensidade das atividades nelas desenvolvidas (PORTUGAL e GOLDNER, 2003). Para identificar essa intensidade de atividades que geram os deslocamentos é necessário realizar um conjunto de pesquisas (por exemplo, contagem volumétrica de veículos e contagem classificada de veículos) para estimar o conjunto de parâmetros de interesse (o volume do tráfego e como ele se comporta) e a sua estimativa futura e de melhorias nos meios de transportes (DENATRAN, 2001).

O Quadro 1 a seguir apresenta as definições mais utilizadas no Brasil e no exterior.

Quadro 1 - Definições de PGVs

Autor	Definição de PGVs	Ano
CET	São empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em certos casos, prejudicando a acessibilidade de toda uma região ou agravando as condições de segurança de veículos e pedestres.	1983
Grando	São empreendimentos que, mediante a oferta de bens e/ou serviços geram ou atraem um grande número de deslocamentos e, conseqüentemente, causam reflexos na circulação de tráfego no entorno, prejudicando a acessibilidade e a fluidez do tráfego de toda região e agravando as condições de segurança de veículos e pedestres.	1986
ITE	São centros de atividades com alta densidade de desenvolvimento (Hospitais, Instituições educacionais, <i>Shopping centers</i>) que atraem grande concentração de tráfego de veículos e/ou pedestres. São construções que necessitam planejamento de infraestrutura, para que oferta e demanda sejam eficientemente compatibilizadas.	1992
DENATRAN	São empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em certos casos, prejudicando a acessibilidade de toda uma região ou agravando as condições de segurança de veículos e pedestres.	2001
Silveira <i>et al</i> <i>apud</i> Portugal e Goldner	São construções concentradas num determinado local com uma atividade específica, que irão gerar viagens e tráfego envolvendo questões relativas a transportes, bem como a organização das atividades urbanas.	2003
ANTP	São construções urbanas que atraem grande quantidade de deslocamentos de pessoas ou cargas (escolas, conjuntos de escritórios, <i>shopping centers</i> , supermercados).	2004

Fonte: Nunes, 2005

Os estudos afetos ao tema contribuíram para a evolução desse conceito, que deixou de considerar apenas o tráfego (individual) motorizado gerado pelo empreendimento, passando a considerar as viagens em geral; além dos impactos relacionados ao polo não mais somente nos sistemas viário e de transportes, como também no desenvolvimento socioeconômico (KNEIB et al., 2009). Como pesquisa principal, destacam-se os conceitos de empresa de produção de viagens e polo de produção viagens (KNEIB, 2004).

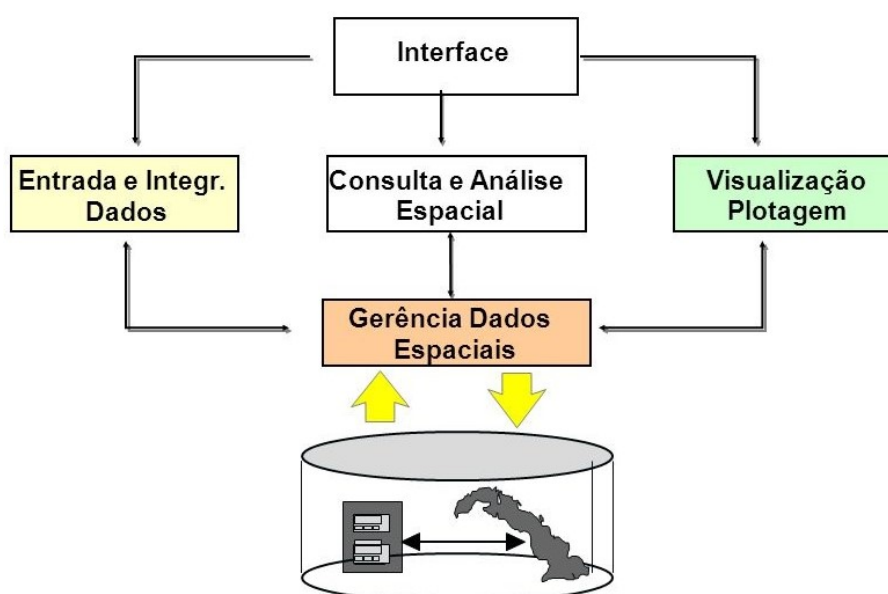
5.4 Sistema de informação geográfica

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode descrever dados de declive e apoiar a análise de cortes espaciais específicos. Esses dados são expressos matematicamente com base em modelos de cálculo de topografia de superfície, que são obtidos da triangulação de dados brutos de elevação (como pontos cotados e linhas de contorno) ou outros dados de medição de altura (como imagens de satélite).

Segundo Ferreira (1997), os SIG's fornecem ferramentas que auxiliam no mapeamento e indicam respostas para o planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis. Contribuem com o apontamento das alterações que influenciam as mudanças no meio ambiente, dando auxílio para o planejamento e manejo dos recursos naturais de determinada região (FERREIRA,1997).

Segundo Câmara e Freitas (1995), a estrutura técnica do SIG possui três níveis: (i) interface do usuário, (ii) entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico de imagem, visualização e desenho e (iii) armazenamento e recuperação de dados, organizado na forma de um banco de dados geográfico. A visão moderna do SIG é que ele fornece análises além da entrada, gerenciamento, manipulação e consulta de dados. A Figura 6 ilustra a estrutura geral do GIS.

Figura 6 - Estrutura geral de um SIG



Fonte: adaptado de Câmara e Freitas (1995).

Segundo GeoEduc (2020), avaliando o mercado de *softwares* livres, o QGIS é o SIG mais utilizado, ele possui complementos disponíveis para geoprocessamento, plataformas que possuem diversas bibliotecas relacionadas à geoestatística, geoprocessamento e mineração de dados. O QGIS é frequentemente utilizado nas soluções estratégicas da engenharia. Um exemplo se dá na necessidade de extrair um modelo digital de elevação e do terreno, onde o *software* atende a todas as necessidades para a devida finalidade.

5.5 Representação cartográfica

5.5.1 Por meio de mapeamento temático

Mapas temáticos (ou mapas estatísticos) são usados para enfatizar o padrão de um ou mais atributos geográficos (ou variáveis), como densidade populacional, família, rendimento e máximos diários de temperatura (SLOCUM, 1999). Um mapa temático comum é o mapa coroplético, no qual as unidades enumeradas (ou unidades de coleta de dados, como estados) são sombreadas para representar diferentes tamanhos de atributos. Uma variedade de mapas temáticos é possível, incluindo símbolo proporcional, isarítmico, ponto e fluxo (SLOCUM, 1999).

O desenho de um mapa temático é o agregado de todos os processos mentais que leva a soluções na fase de abstração da cartografia e comunicação (DENT, 1985). Segundo Brewer (1960), para estabelecer comunicação visual por meio de um mapa temático, é necessário considerar o que o mundo real possa parecer para a distribuição do fenômeno, determinar a finalidade do mapa e seu público-alvo, coletar os dados apropriados para o propósito do mapa, desenhar e construir o mapa e determinar se os usuários acham o mapa útil e informativo.

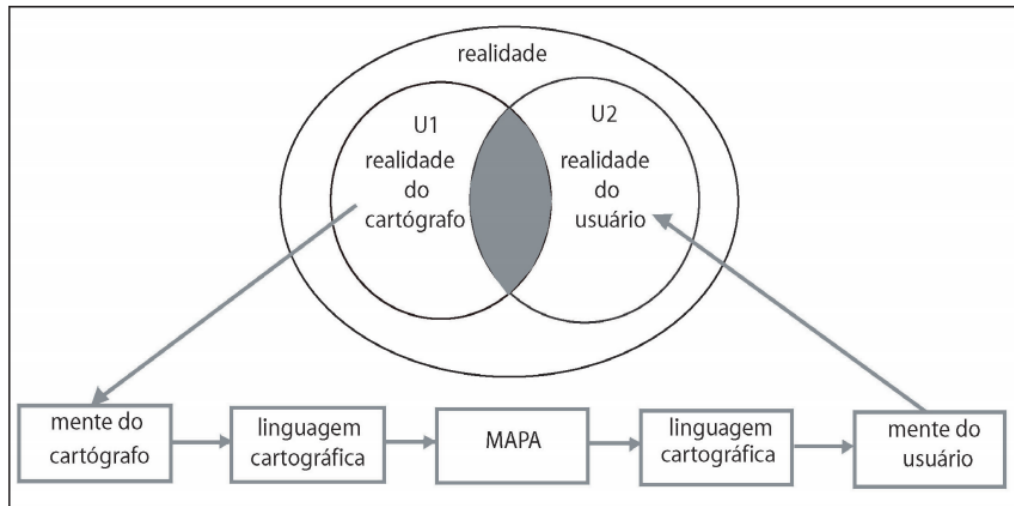
Com a complexidade da tecnologia social, a demanda pelo uso de vários tipos de mapas está em ascensão. O objetivo do mapa determina quais desses elementos são os mais importantes e devem ser exibidos em detalhes mais intuitivos. Quanto mais informações o mapa transmite ao leitor, maior será o tempo de leitura do mapa e exigirá um maior o poder de interpretação do leitor. Porém, de acordo com Brewer (1960), as informações detalhadas no mapa ajudarão na leitura do mapa em vez de distraí-lo. Com isso, é necessário identificar a quantidade mínima de elementos para propiciar comunicação visual adequada.

Os mapas são usados quando a análise espacial é necessária para realizar qualquer tarefa ou atividade. A eficiência da análise espacial depende diretamente do sucesso da comunicação cartográfica durante a utilização do mapa (BREWER, 1960). Se um mapa não transmite a realidade dos dados para o receptor das informações, ele possuirá uma comunicação falha se configurando como inviável. Para que isso não ocorra, o profissional da cartografia deve conhecer o usuário do produto final e quais são as suas necessidades.

O modelo sobre comunicação cartográfica proposto por Koláčný (1997), do qual Robinson e Petchenik (1976) apresentam uma versão simplificada, como ilustra a Figura 7,

mostra a necessidade de correlação entre a realidade do cartógrafo (U1) e a realidade do usuário (U2) para que o mapa descreva o mais rigorosamente possível a realidade real.

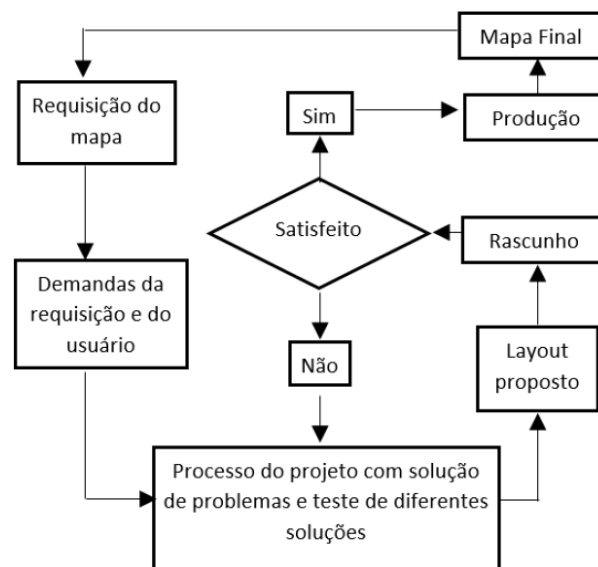
Figura 7 - Versão simplificada do modelo de comunicação cartográfica de Koláčný



Fonte: Robinson e Petchenik, 1976

Como todos os outros produtos, o mapa deve ser rascunhado antes de poder ser produzido. O processo de *design* é uma interação entre a realidade do cartógrafo e a realidade do usuário. Primeiro, o usuário precisa fornecer o tema do mapa e seus requisitos de uso, depois o cartógrafo poderá aplicar as técnicas de representação cartográfica para chegar ao produto final. O projeto cartográfico de forma generalizada está representado na Figura 8 abaixo.

Figura 8 - Etapas do projeto cartográfico



Fonte: Bengt Rystedt, Sweden (2002).

Claudia Robbi Sluter (2008) descreve seis etapas de desenvolvimento de um projeto cartográfico de forma mais completa. São elas: Conhecer o usuário e as suas necessidades, determinar cada um dos mapas a ser projetado e construído, definição da escala e da projeção cartográfica de cada mapa, coletar e analisar os dados fonte, definir a linguagem cartográfica de cada mapa e por fim construir o mapa.

Depois de entender as etapas necessárias para a construção de um mapa, é necessário planejar as informações que o mapa temático deve conter para definir o nível de detalhe sobre as informações necessárias na construção do mapa. A escala é uma informação importante porque define a representação visual do elemento desde o início. Segundo Claudia Robbi Sluter (2008), nesta etapa é possível saber quais dados deverão ser obtidos para possibilitar a continuação do projeto cartográfico.

O conteúdo do mapa vai depender do seu objetivo final. Um mapa é feito a partir de um conjunto de feições que são apresentadas no conteúdo do mapa tendo que estar de acordo com um dos seis critérios a seguir (VIT VOZENILEK ,2019):

- Qualitativo – as categorias são mostradas (por ex. um mapa que representa diferentes línguas faladas em diferentes regiões);
- Quantitativo – as propriedades quantificáveis são apresentadas (por ex. mapa de densidade populacional);
- Topológico – as características espaciais das feições são representadas (o modo como estão relacionadas à superfície terrestre) por símbolos pontuais, lineares e de área (por ex. mapa rodoviário);
- Evolutivo – as mudanças espaciais e temporais são mostradas (por ex. mapa do movimento de tropas);
- Significativo – a importância de um pequeno assentamento no deserto é maior do que de um assentamento de tamanho similar numa área altamente povoada;
- Estrutural – a feição como uma unidade, juntamente com seus subcomponentes e inter-relacionamentos, é representada (por ex. um mapa da estrutura etária da população).

Ao compilar o conteúdo do mapa, a primeira tarefa é distinguir entre as características principais (geradas pela solicitação do mapa) e as características secundárias (usadas para complementar as informações no mapa). Segundo Vit Vozenilek (2019), é necessário criar

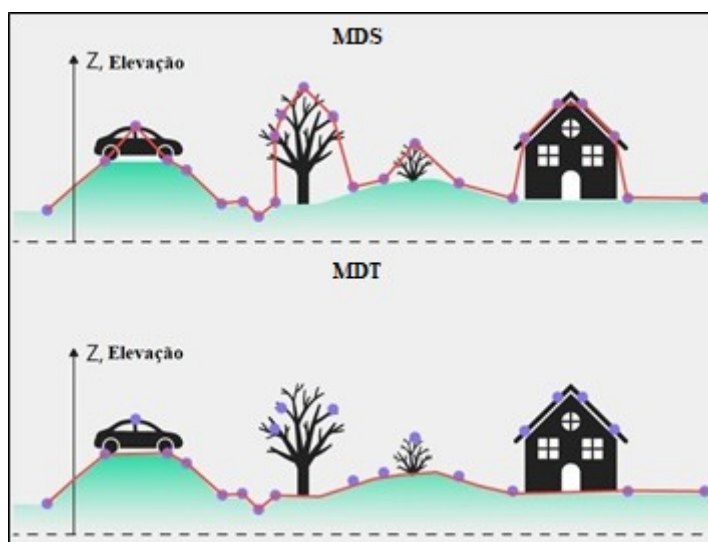
uma base topográfica no mapa temático para permitir a localização espacial e encontrar as relações topológicas das feições primárias. Por fim, o mapa deve ser adequado ao uso, ou seja, deve transmitir todas as informações necessárias para a comunicação visual de forma agradável e com informações legítimas de forma asseverativa na interpretação do usuário.

5.5.2 Modelo digital de elevação e Modelo digital do terreno

A demanda por modelos digitais para apoiar a pesquisa em vários campos de pesquisa tem aumentado significativamente. Os MDEs, seja o Modelo Digital de Terreno (MDT) ou o Modelo Digital de Superfície (MDS), consistem na representação de elementos presentes na superfície da Terra com a utilização de topografia por Satélite, modelos em 3D e curvas de nível (INPE, 2021).

Um Modelo Digital do Terreno é uma representação da superfície topográfica do solo descoberto (terra nua), excluindo quaisquer outros objetos de superfície (INPE, 2021). A Figura 9 abaixo representa um modelo digital de superfície em comparação com um modelo digital do terreno.

Figura 9 - MDS e MDT



Fonte: MasterGis, 2021

O MDE é amplamente usado para fornecer cobertura contínua de uma grande área a um custo relativamente baixo. Cálculos digitais automatizados fornecem medições de formato de superfície, fundo, padrão e textura, e podem ser usados como um substituto para o padrão em consideração imagens ou fotos (HENGL e MACMILLAN, 2009).

O MDE gerado pelo par de imagens estéreo do sensor óptico orbital tem algumas vantagens significativas em comparação com outras fontes de dados, tais como: disponibilidade global de dados; grande área de cobertura de cada cena; por meio de *software* complexo e poucas velocidades de operação manual aumenta a velocidade de processamento; no caso de sensores ativos, tem baixo custo de processamento e capacidade de aquisição em quaisquer condições ambientais (SUBRAMANIAN et al., 2005).

Os MDEs são muito utilizados nas análises geomorfométricas, pois possuem coberturas contínuas de áreas extensas e podem ser trabalhados de modo automatizado em *softwares* específicos (MELLO, 2018). Essas ferramentas tornam-se cada vez mais acessíveis, precisas e robustas (HENGL, 2009) Pois, a escolha do MDT em relação ao MDS é um fator importante na análise de variáveis topográficas por afetar diretamente os resultados do trabalho. Os produtos gerados por missões espaciais governamentais, para obtenção de dados de matriz de tempo planar, como *Space Shuttle Radar Terrain Mission* (SRTM) e missões *PALSAR*, sendo esta última o principal produto a ser discutido neste trabalho, acarreta-se em um importante recurso na avaliação altimétrica para a obtenção do MDT.

Segundo EMBRAPA (2013), o satélite *ALOS* entrou em órbita munido de três sensores: O *Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping* (*PRISM*), capaz de capturar imagens tridimensionais; O *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-Type 2* (*AVNIR-2*) com foco no mapeamento do uso e cobertura do solo e o *PALSAR* um sensor de micro-ondas que possibilita a aquisição de imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade.

De acordo com Höhle e Pedersen (2010), erros planimétricos de maior magnitude podem propagar e gerar erros altimétricos em áreas inclinadas e é importante considerar que os erros são inevitáveis, pois o MDT é uma visão simplificada da realidade, submetida ao processo de generalização.

Quanto maior a resolução do mapa, maior será o seu nível de detalhes e maior será a escala trabalhada. Segundo Fernanda Watanabe (2020), O menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho (perceptível ao olho humano) é de 0,2 mm. Este valor de 0,2 mm é adotado como a precisão gráfica percebida pela maioria dos usuários e caracteriza o erro gráfico vinculado à escala de representação.

Sendo assim, para atender ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), é necessário observar a escala e o erro admissível para determinada escala trabalhada. Para calcular esse erro, usa-se a Equação (2).

$$(e_a) = 0,0002 \times N \quad (2)$$

Onde:

e_a = erro admissível; N = menor feição no mapa em metros.

A determinação da acurácia posicional de um produto cartográfico é de grande importância no que diz respeito à obtenção de dados referentes à precisão das coordenadas especificadas e as formas de aplicação para fins de mapeamento de acordo com os parâmetros utilizados. Segundo Salisso (2013), a posição de um determinado elemento no mundo real é analisada e descrita em um mapeamento a partir dos valores que representam o seu sistema de coordenadas apropriado.

Com isso, é necessário realizar a avaliação de um produto analógico e principalmente digitais baseando-se no decreto N°89.917 de 20 de junho de 1984, o mesmo determina os métodos Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira por meio de procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de documentos cartográficos no território brasileiro. Desta forma determina-se o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, nas quais será feita uma classificação em cartas dos seguintes tipos: Classe A, B e C.

Esse decreto designa no artigo 80 que “90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica estabelecido”. Portanto, conforme a escala do trabalho, a escala da carta que está sendo utilizada ou mesmo para a escala de um projeto deve ser admitida um erro de posicionamento das feições gráficas conhecidas com o PEC. Esse erro está diretamente ligado à classificação de uma carta quanto a sua exatidão e é utilizado como medida básica para o controle de qualidade de um trabalho cartográfico.

As cartas devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, segundo os critérios indicados:

- Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica, Planimétrico, estabelecido;
- Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curva de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica, Altimétrico, estabelecido. As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas classes A, B e C, segundo os critérios apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Critérios do PEC Fonte: Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984.

Carta	PEC Planimétrico	Erro padrão	PEC Altimétrico	Erro padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

Fonte: Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984.

Segundo o PEC da carta topográfica, com a aplicação de conceitos estatísticos é possível avaliar a acurácia posicional do produto cartográfico, utilizou-se a tabela t amostral e a tabela Qui-Quadrado. Dessa forma, a tabela t-amostral desenvolvida por Willian Sealy Gosset (1908) é usada para o teste de hipótese, a fim de comparar as médias e as variações das hipóteses nas quais serão testadas, sendo o teste t é resultante da distribuição normal.

Já a tabela Qui-Quadrado criada por Pearson (1900), tem como princípio fazer o teste de hipótese na qual se deseja determinar um valor em que existe dispersão, para duas variáveis categóricas nominais e validar também as associações existentes entre variáveis qualitativas. Portanto, é de grande valia a junção dos conceitos estatísticos; do decreto nº 89.817/1984 e da PEC, para que ocorra da melhor maneira a avaliação e validação dos levantamentos das cartas topográficas.

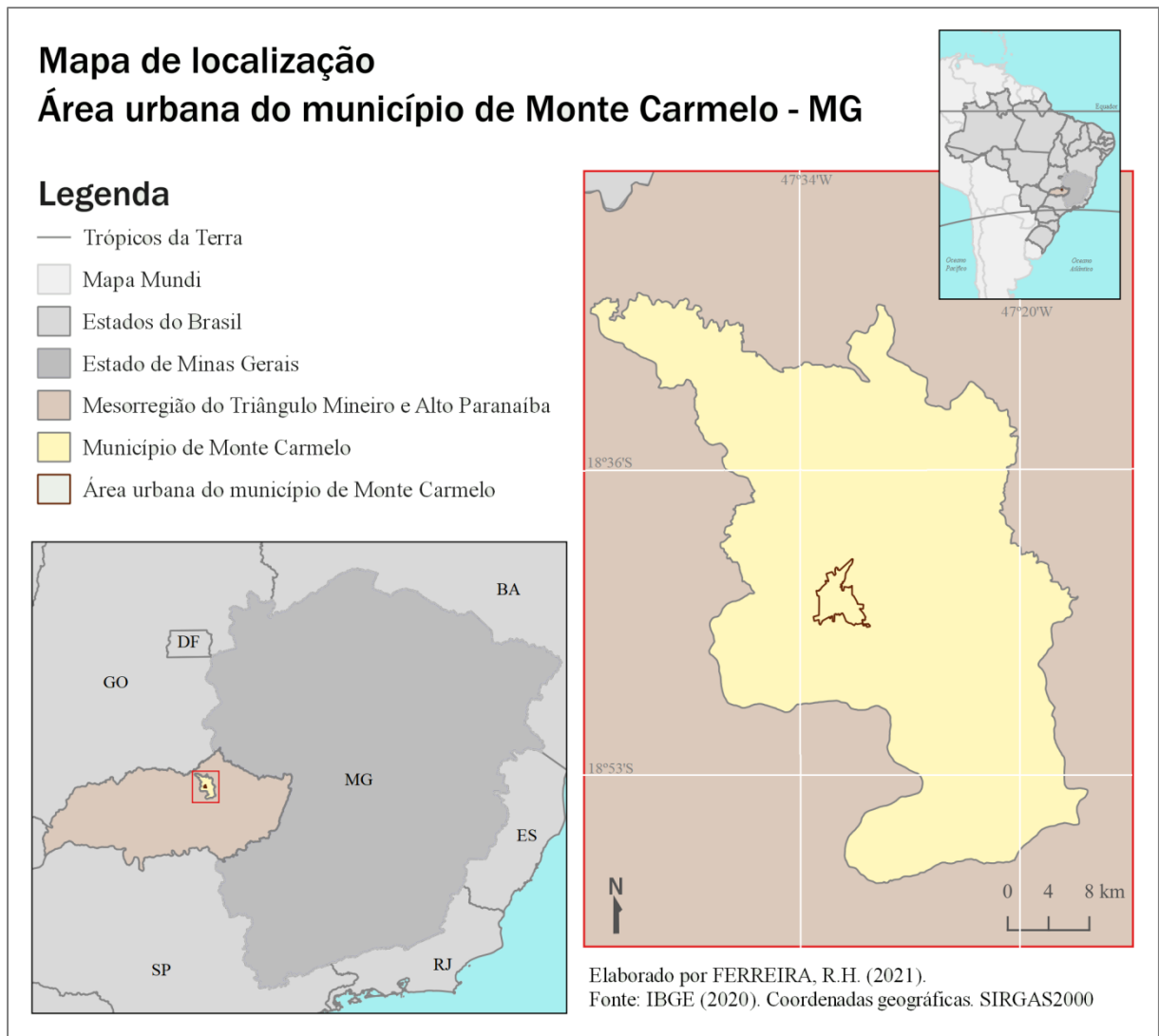
5. MATERIAL E MÉTODO

6.1 Área de estudo

A área de estudo está concentrada na região sudeste do país, no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, na mancha urbana do município de Monte Carmelo e compreendida entre as coordenadas geográficas: Latitude: -

18°44'00" e Latitude: -47°20'00" e também entre Longitude: -18°36'00" e Longitude: -18°53'00" com altitude média de 890 m como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Mapa da área de estudo localizada na área urbana do município de Monte Carmelo no estado de Minas Gerais.



Fonte: O autor.

6.2 Material

Os materiais que foram utilizados na presente pesquisa se constituem de *softwares* e equipamentos que foram utilizados para o levantamento dos dados para a obtenção da altimetria do terreno.

Os dados e *softwares* necessários para a obtenção da altimetria foram:

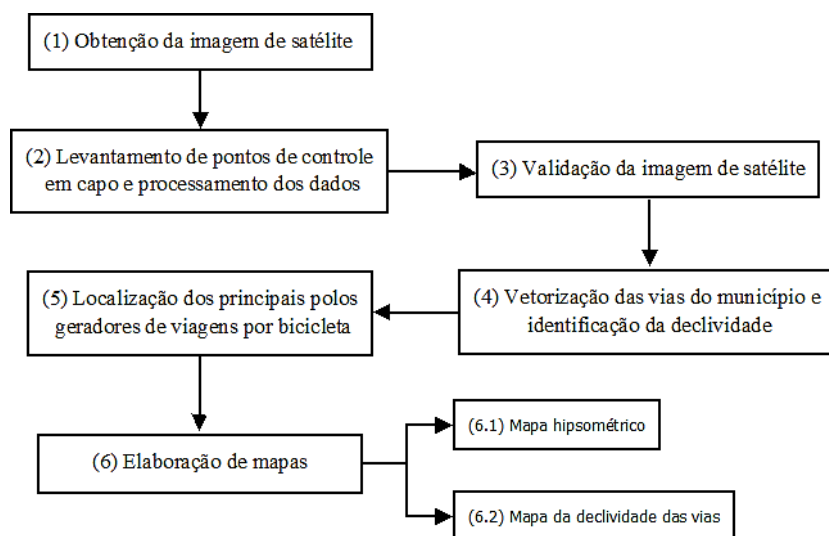
- Uma imagem *Alos Palsar (DEM)*, órbita absoluta 26927, obtida diretamente do endereço eletrônico da *ASF* da *National Aeronautics and Space Administration – NASA* (2019);
- Dados vetoriais do limite da mancha urbana do município obtida no endereço eletrônico do IBGE (2015) e DNIT (2020);
- Dados vetoriais do *Open Street Maps* por meio da sua extensão para o *Quantum GIS*;
- *Software Quantum GIS (Versão 3.18.1)*.

Para o procedimento de validação da imagem de satélite, foram utilizados dados previamente coletados no bairro Cidade Jardim em Monte Carmelo- MG. A coletora utilizada para este levantamento foi a ProMark 500, o software utilizado para o processamento dos dados foi o *Topcon Tools* e o método de posicionamento foi o estático rápido com tempo de rastreamento de dez minutos em cada ponto de controle.

6.3 Métodos

A metodologia deste trabalho divide-se em seis etapas constituindo: (1) Obtenção da imagem de satélite; (2) Levantamento de pontos de controle em campo e processamento dos dados; (3) Validação da imagem de satélite; (4) Vetorização das vias do município e identificação da declividade; (5) Localização dos principais polos geradores de viagens por bicicleta; (6) Elaboração de mapas; (6.1) Mapa hipsométrico; (6.2) Mapa da declividade das vias.

Figura 12 - Fluxograma da metodologia do trabalho



Fonte: O autor

6.3.1 Etapa 1 - Obtenção da imagem de satélite Alos Palsar

Como há uma carência de cartas topográficas para a região de estudo na escala necessária para a realização desta pesquisa, optou-se por elaborar uma base cartográfica a partir das imagens de radar *Alos Palsar* disponibilizados no site da *United States Geological Survey* (USGS), com *pixel* de 12,5 metros, atendendo a necessidade altimétrica para a realização do estudo. A partir da mosaicagem das imagens de radar, foi possível obter curvas com variação de até 12,5 metros, respeitando a escala de trabalho e atendendo o objetivo da pesquisa.

Com as imagens de satélite, foi possível delimitar o limite da mancha urbana do município de Monte Carmelo-MG, traçar de forma manual as vias existentes do município por meio da criação e edição de um *shapefile* de linhas, além da sobreposição das curvas de nível geradas ao relevo da área em estudo para verificar a coerência dos dados adquiridos. Foi feito um tratamento das imagens de radar, uma vez que para a elaboração dos documentos cartográficos altimétrico selecionados, foram necessários o detalhamento das curvas de nível.

6.3.2 Etapa 2 - Levantamento de pontos de controle em campo e processamento dos dados

Para a etapa de validação da imagem de satélite, foram obtidas coordenadas, bem distribuídas na imagem de satélite, previamente levantadas no bairro Cidade Jardim em Monte Carmelo-MG. O levantamento dos pontos foi por meio do equipamento receptor ProMark 500 e o método de posicionamento adotado foi o estático rápido, também conhecido como pseudocinemático, a execução do posicionamento estático relativo rápido é semelhante ao estático. A maior diferença entre essas técnicas é o intervalo de tempo de rastreamento, que é inferior a 20 minutos em estática rápida. Foram adotados dez minutos de rastreamento para cada ponto. Para o processamento dos dados foi utilizado o *software Topcon Tools*.

6.3.3 Etapa 3- Validação da imagem de satélite

Para que ocorresse da melhor maneira a avaliação e validação da imagem de satélite *Alos Palsar*, foi utilizado o decreto nº 89.817/1984, a PEC. Sendo assim, deu-se início ao cálculo das discrepâncias dos dados observados e dos de referências, ou seja, diferença dos valores observados e os valores obtidos em campo, mensurados pela Equação (3).

$$\nabla = \textit{observado} - \textit{referência} \quad (3)$$

Após a determinação dos valores de discrepância para E, N e H, foi calculada a média aritmética, demonstrada pela Equação (4) e o desvio padrão, pela Equação (5).

$$\bar{V}m\u00e9dia = \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{n} \quad (4)$$

Onde: $\bar{V}m\u00e9dia$ = valor da m\u00e9dia aritm\u00e9tica; Δ_i = valor discrepante das observa\u00e7\u00f5es; n = n\u00famero de observa\u00e7\u00f5es.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V}m\u00e9dia)^2}{n-1}} \quad (5)$$

Onde: σ = desvio padr\u00e3o; Δ_i = valor discrepante das observa\u00e7\u00f5es; $\bar{V}m\u00e9dia$ = valor da m\u00e9dia aritm\u00e9tica; $n - 1$ = n\u00famero antecessor ao n\u00famero de observa\u00e7\u00f5es. Em seguida, foi necess\u00e1rio realizar a an\u00e1lise de tend\u00eancia. Para isso, foi utilizado o teste *t-Student* com n\u00edvel de signific\u00e2ncia de 90% e grau de liberdade $n-1$, mensurado pela Equa\u00e7\u00e3o (6).

$$t \text{ amostral} = \frac{\bar{V}m\u00e9dia}{\text{desvio padr\u00e3o } (\sigma)} \times \sqrt{n} \quad (6)$$

Onde: $t \text{ amostral}$ = valor de t calculado; $\bar{V}m\u00e9dia$ = valor da m\u00e9dia aritm\u00e9tica; σ = desvio padr\u00e3o; n = n\u00famero de observa\u00e7\u00f5es. Para que os valores resultantes para a amostra apresentem um intervalo de aceita\u00e7\u00e3o, o $t \text{ amostral}$ dever\u00e1 ser menor que o $t \text{ tabelado}$, indicando que n\u00e3o h\u00e1 tend\u00eancia nas amostras (E, N e H), considerando o Decreto-lei n\u00b0 89817 de 1984, os dados est\u00e3o dentro do aceit\u00e1vel, demonstrado na Equa\u00e7\u00e3o (7).

$$|t \text{ amostral}| < \tau(n - 1, \frac{\alpha}{2}) \quad (7)$$

Onde: $t = t\text{-Student}$; $n-1$ = n\u00famero antecessor ao n\u00famero de observa\u00e7\u00f5es; α = n\u00edvel de signific\u00e2ncia. Por fim, foi realizada a an\u00e1lise de precis\u00e3o por meio do c\u00e1lculo estat\u00edstico Qui-Quadrado para os dados E, N e H, demonstrado na Equa\u00e7\u00e3o (8).

$$x^2 \text{ amostral} = (n - 1) * \frac{\sigma x \text{ ou } y^2}{EP^2} \quad (8)$$

Onde: x^2 = Qui-Quadrado; $n-1$ = n\u00famero antecessor ao n\u00famero de observa\u00e7\u00f5es; σ^2 = desvio padr\u00e3o ao quadrado (vari\u00e2ncia); EP = Erro Padr\u00e3o. Com os resultados que foram obtidos a partir dos c\u00e1lculos acima, foi poss\u00edvel determinar a qual classe (A, B e C) os dados pertencem, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Padrão de exatidão cartográfica da altimetria (curvas de nível) dos produtos cartográficos digitais

PEC ⁽³⁾	PEC-PCD	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D ⁽⁴⁾	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

Fonte: Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984

O processo de validação da imagem de satélite ocorreu logo após a identificação das coordenadas E, N e Z obtidas em campo e da extração das mesmas coordenadas identificadas na imagem. Para tanto, foi considerado apenas o bairro Cidade Jardim em Monte Carmelo-MG como amostra da confiabilidade dos dados levantados para este estudo.

Para a realização da validação, seguindo os parâmetros citados na etapa (3) da metodologia do presente trabalho, foi utilizado o *script* do código disponibilizado no link: https://github.com/eliasnaim/Thesis_Scripts_PositionalAccuracy/tree/main, baseado no artigo *The quality of OpenStreetMap in a large metropolis in northeast Brazil: Preliminary assessment of geospatial data for road axes* (ELIAS, 2020). Por meio do *software QGis* foram gerados os resultados estatísticos e identificado a classe pertencente à PEC.

6.3.4 Etapa 4 - Vetorização das vias do município e identificação da declividade

O processo de vetorização envolveu selecionar as rotas associadas a cada caminho e transferi-las para a classe de dados "rota". Desta forma, não foi verificada nenhuma diferença entre a base das imagens de satélite e o posicionamento geográfico da rota. O processo de vetorização foi concluído usando as seguintes ferramentas: *Nova camada shapefile* → *tipo de geometria (linha)* → *alterar edição* → *adicionar polígono*.

A rota de mão única e a rota de retorno entraram cada uma no *geodatabase* como um objeto, portanto, são rotas composta por dois objetos: a rota de mão única e a rota de retorno. Todos os percursos ficaram restritos à área urbana de Monte Carmelo-MG, interrompendo alguns trechos além dos limites desta área. Quanto aos dados alfanuméricos, cada rota foi nomeada com um código que especifica um número crescente seguido de uma letra ("A" significa mão única, "B" significa retorno). Assim, como exemplo, a 22ª rota coletada possui

dois objetos (linhas), nomeados como 22A (trajeto de mão única) e 22B (trajeto de retorno). Estas informações pertencem à classe de dados geográficos “Rotas”.

Para a identificação da declividade nas vias, foi identificado o valor de declividade em porcentagem utilizando a ferramenta *QChainafe* que permitiu a extração dos valores de altimetria do MDE, no formato *raster*, nas extremidades das linhas específicas (vias) com os mesmos atributos.

6.3.5 Etapa 5 - Localização dos principais polos geradores de viagens por bicicleta

A sustentabilidade da mobilidade urbana requer estudos específicos sobre os polos geradores de viagem. Os polos geradores de viagens (PGVs) são os locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um contingente significativo de viagens (PORTUGAL E GOLDNER, 2003).

Para classificar e localizar as instalações e equipamentos urbanos mais propensos a produzir fluxos de bicicleta, como passeios industriais, comerciais e escolares, bem como estações e terminais de tráfego urbano e praças de esportes, foi necessário identificar os PGVs que estão concentrados em áreas urbanas. Dada à classificação literária, esses empreendimentos foram caracterizados como PGVs, e tais locais representam a demanda potencial de transportes e devem ser considerados na definição de uma rede cicloviária.

6.3.6 Etapa 6 - Elaboração de mapas

Como meio de comunicação visual, foram elaborados mapas temáticos a fim de representar os fatores condicionantes para a definição de uma rede cicloviária.

6.3.6.1 Etapa 6.1- Mapa Hipsométrico

De acordo com Soares (1980), a Carta Hipsométrica é fundamentada na altimetria de determinada área, fornecendo uma interpretação ampla do relevo e da depressão do terreno. A carta hipsométrica para a área de estudo foi gerada dentro do ambiente *SIG QGIS* por meio das curvas vetorizadas a partir das imagens do *Alos Palsar*. Para o desenvolvimento dessa carta foi gerado um modelo digital do terreno baseado na altimetria, foram definidos os intervalos da altimetria em metros e atribuídos a esses valores uma rampa de cores para facilitar a visualização do terreno em 2D e em 3D.

6.3.6.2 Etapa 6.2 - Mapa da declividade das vias

Para inserir o valor da declividade nos dados vetoriais do trecho da estrada, foram utilizados os dados de curvas de nível a cada 12,5 metros. Portanto, utilizando a ferramenta “*Add Surface Information*” do *software* foi possível combinar o vetor com a superfície do MDE gerado. Nesta ferramenta, a interpolação linear foi aplicada para calcular a inclinação média de cada segmento de via urbana.

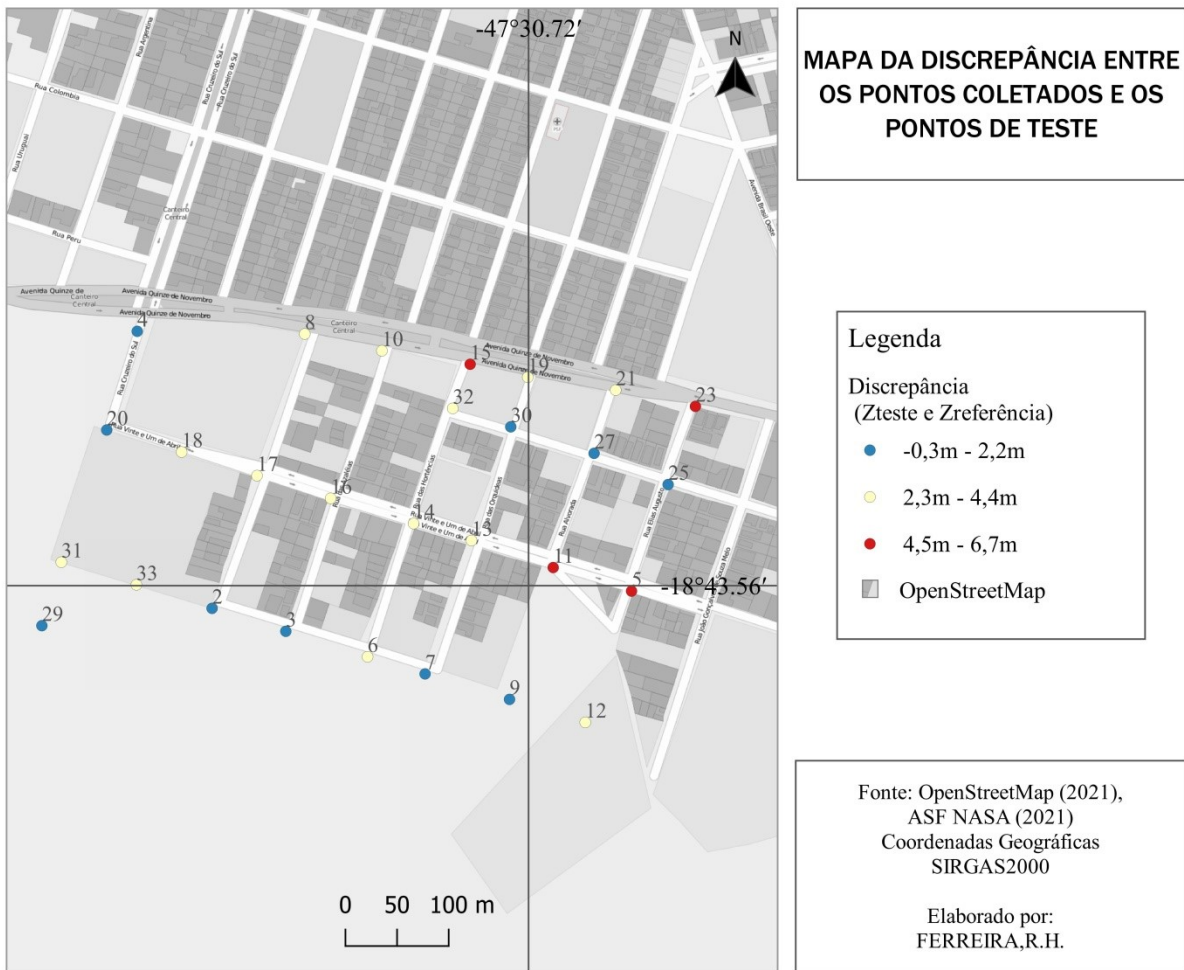
Portanto, o valor do gradiente médio foi incluído na tabela da seção da via urbana como um atributo. Considerando-se os declives: 0 a 3% - plano 3 a 6% - suave, 6 a 10% - íngreme, 10 a 18% - muito íngreme, 18% fortemente íngreme. Uma vez determinada a inclinação de cada trecho da via, foi possível elaborar um mapa temático, cujos atributos são classificados de acordo com o nível de declive. As rotas favoráveis à circulação de bicicletas puderam ser determinadas de acordo com a declividade de cada via. Tais rotas são viáveis para a definição da rede cicloviária do Município de Monte Carmelo.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Validação da imagem de satélite

As discrepâncias encontradas entre os dados obtidos em campo e a imagem de satélite estão representadas na Figura 14; obtendo-se uma variabilidade de -0,3 até 6,7 metros na altitude da área de interesse.

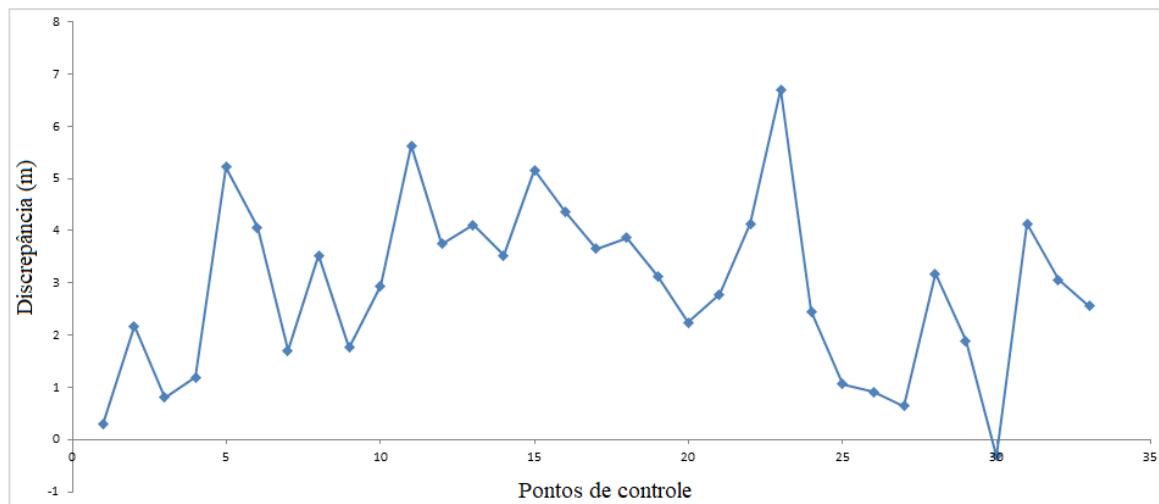
Figura 14 - Mapa da discrepância entre os pontos coletados e os pontos de teste



Fonte: O autor

Para uma melhor visualização da discrepância, foi elaborado um gráfico, presente na Figura 11, contendo a mesma variabilidade entre os dados.

Figura 15 - Gráfico da discrepância entre os pontos coletados e os pontos de teste



Fonte: O autor

Com isso, o erro médio quadrático foi calculado, conforme apresentado na Tabela 2. O valor encontrado de erro médio quadrático (EMQ) foi de 3,33, representando um erro que penaliza mais os valores discrepantes da média que no erro médio absoluto.

Tabela 2 - Cálculo das discrepâncias e do erro médio quadrático

ID	Zref	ID_2	Ztest	Dz	EMQ
1	898,71	1	899,00	0,29	3,33
2	891,83	2	894,00	2,17	
3	890,20	3	891,00	0,80	
4	895,81	4	897,00	1,20	
5	880,78	5	886,00	5,22	
6	887,94	6	892,00	4,06	
7	886,29	7	888,00	1,71	
8	892,47	8	896,00	3,53	
9	883,24	9	885,00	1,76	
10	891,06	10	894,00	2,94	
11	883,38	11	889,00	5,62	
12	880,25	12	884,00	3,75	
13	886,90	13	891,00	4,10	
14	888,48	14	892,00	3,52	
15	888,84	15	894,00	5,16	
16	890,64	16	895,00	4,36	
17	892,35	17	896,00	3,65	
18	894,13	18	898,00	3,87	
19	886,87	19	890,00	3,13	
20	895,76	20	898,00	2,24	
21	884,22	21	887,00	2,78	
22	897,87	22	902,00	4,13	
23	882,30	23	889,00	6,70	
24	897,55	24	900,00	2,45	
25	881,93	25	883,00	1,07	
26	897,09	26	898,00	0,91	
27	884,36	27	885,00	0,64	
28	895,82	28	899,00	3,18	
29	894,10	29	896,00	1,90	
30	887,32	30	887,00	-0,32	
31	894,86	31	899,00	4,14	
32	888,94	32	892,00	3,06	
33	893,45	33	896,00	2,56	

Fonte: O autor

O resultado encontrado no processo de validação da imagem de satélite está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultado do PEC para cada escala estabelecida

Escala	PEC
1_1000	Rejeitado
1_2000	Rejeitado
1_5000	Rejeitado
1_10000	Rejeitado
1_25000	Classe C
1_50000	Classe B
1_100000	Classe A
1_250000	Classe A

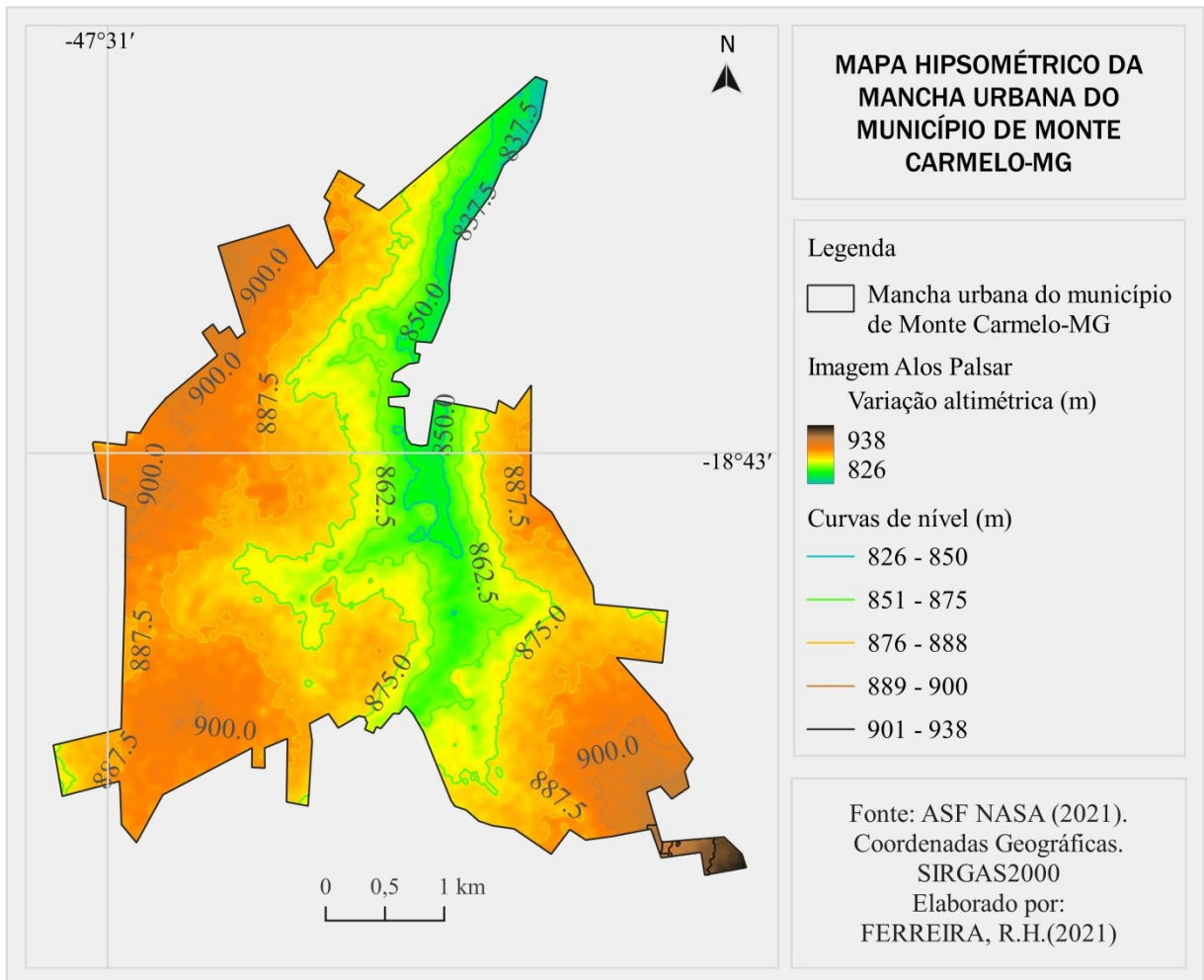
Fonte: O autor

Portanto, a menor escala da imagem que é aceita na Classe C do PEC é a escala 1:250000. Para obter um produto com maior qualidade da imagem segundo o PEC, é necessário trabalhar com uma escala superior a 1:66000 considerando o erro admissível. Para os dados deste trabalho, foi aceita na escala de 1:50000 na Classe B.

7.2 Identificação da hipsometria

Para a realização deste trabalho foi necessário o detalhamento das curvas de nível da mancha urbana de Monte Carmelo-MG. Com isso, foi utilizado o espaçamento entre as curvas de nível no valor de 12,5 metros respeitando o tamanho do *pixel* da imagem de satélite. O mapa hipsométrico está representado na Figura 16.

Figura 16 - Mapa hipsométrico da mancha urbana do município de Monte Carmelo-MG



Fonte: O autor

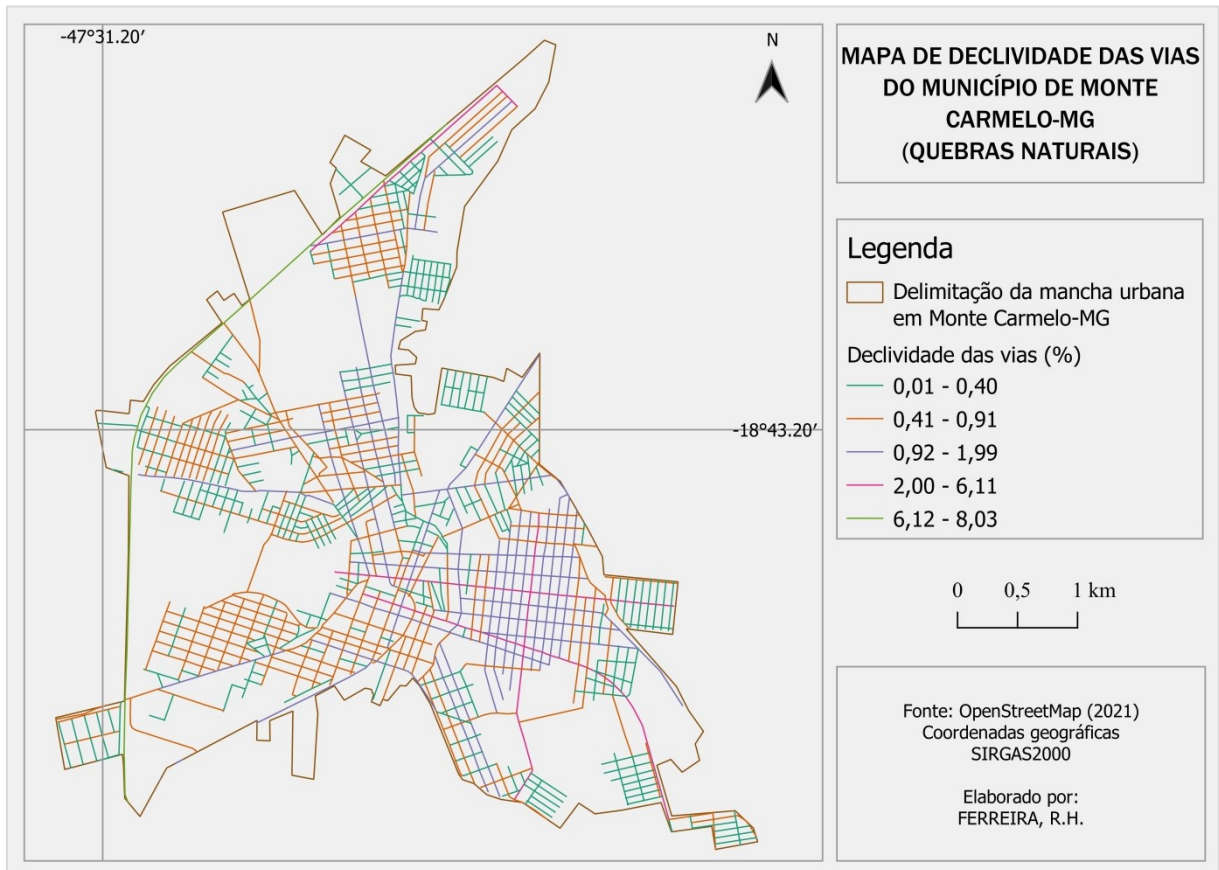
O resultado encontrado para todo o conjunto de dados na avaliação foi de uma variabilidade de altitude de 112m da cota com menor altitude em relação à cota de maior altitude na mancha urbana do município. As cotas encontradas estão entre 826m a 938m conforme explicitado na Figura 16. Verifica-se que a área de estudo contém regiões onde há pouca oscilação no relevo contribuindo para a investigação de regiões favoráveis para a definição de rotas cicláveis.

7.3 Caracterização das declividades

Uma representação contendo a vetorização da malha urbana do Município de Monte Carmelo geoespacializada é apresentada na Figura 17. As declividade do terreno foram extraídas considerando trechos das vias, ou seja, cada rua em início, meio e fim, assim foram calculadas a declividade em cada trecho. A fim de representar as informações de declividade

com valores que não são igualmente distribuídos ao longo das vias, foi utilizada a classificação de quebras naturais.

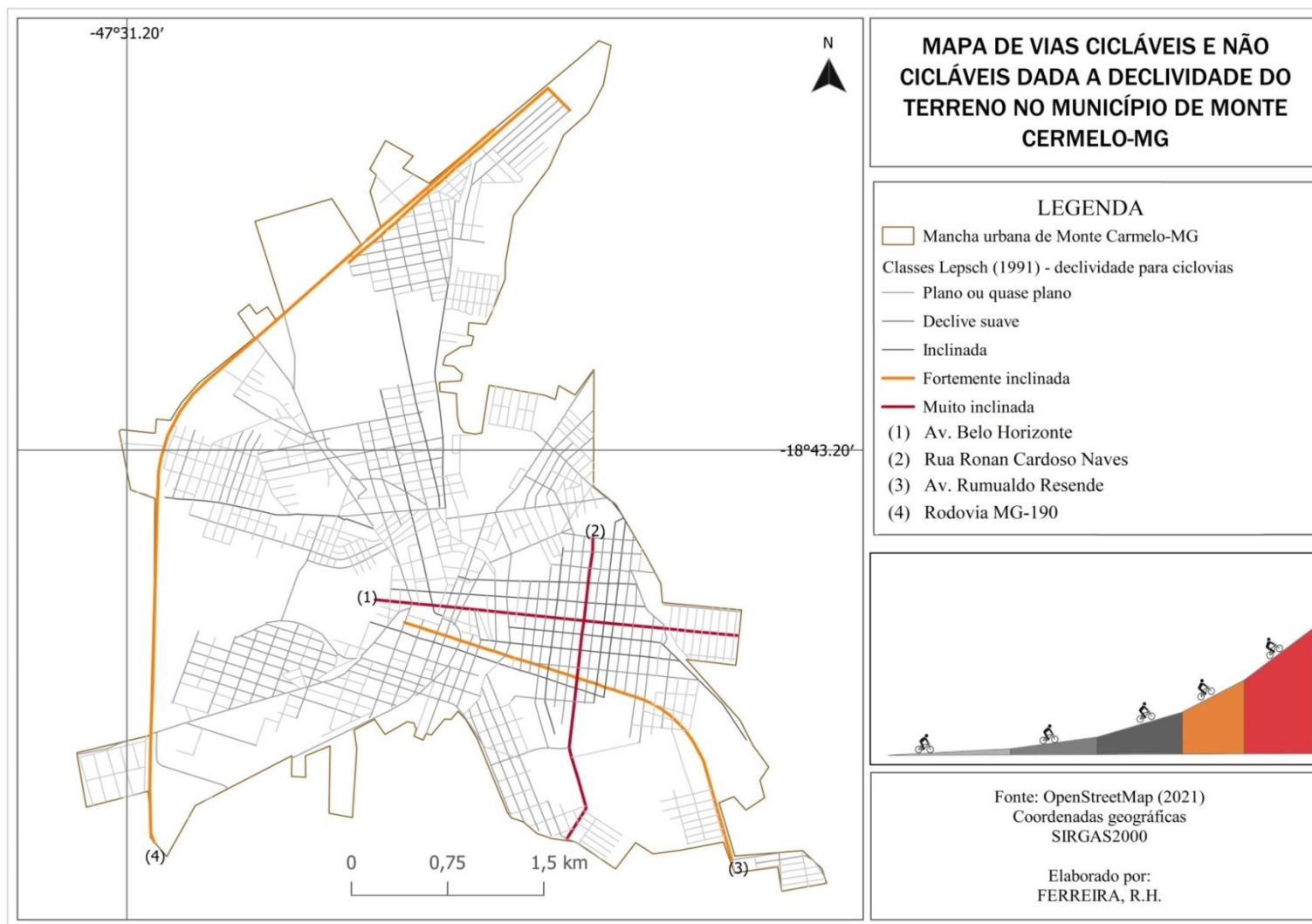
Figura 17 - Mapa de declividade das vias do município de Monte Carmelo-MG



Fonte: O autor

Verifica-se que o mapa das declividades calculadas da região de estudo (Figura 17), apresenta maior quantidade de vias cicláveis do que não cicláveis. Para uma melhor visualização e avaliação das declividades dessas vias, foi elaborado um mapa considerando o estudo de DIAS, JÚNIOR E SILVA (2014) que apresenta uma escala de *Borg* modificada atribuída ao relevo e a fadiga percebida durante a realização da atividade física, conforme a Figura 18.

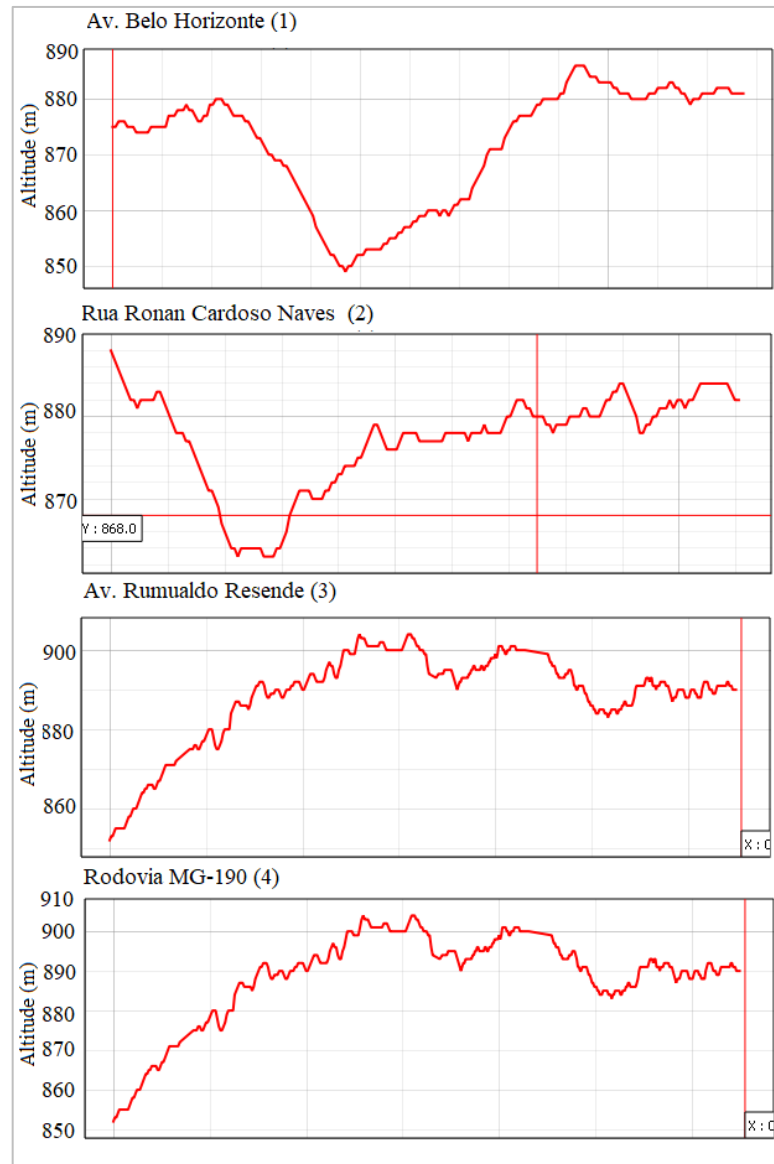
Figura 18 - Mapa de vias cicláveis e não cicláveis dada a declividade do terreno



Fonte: O autor

As vias com declividade não ideais para uma rede cicloviária (Figura 18) estão representadas a seguir, em formato de gráfico, com a variação altimétrica das ruas ao longo dos trechos (início, meio e fim), conforme a Figura 19.

Figura 19 - Gráficos perfil topográfico das ruas não cicláveis



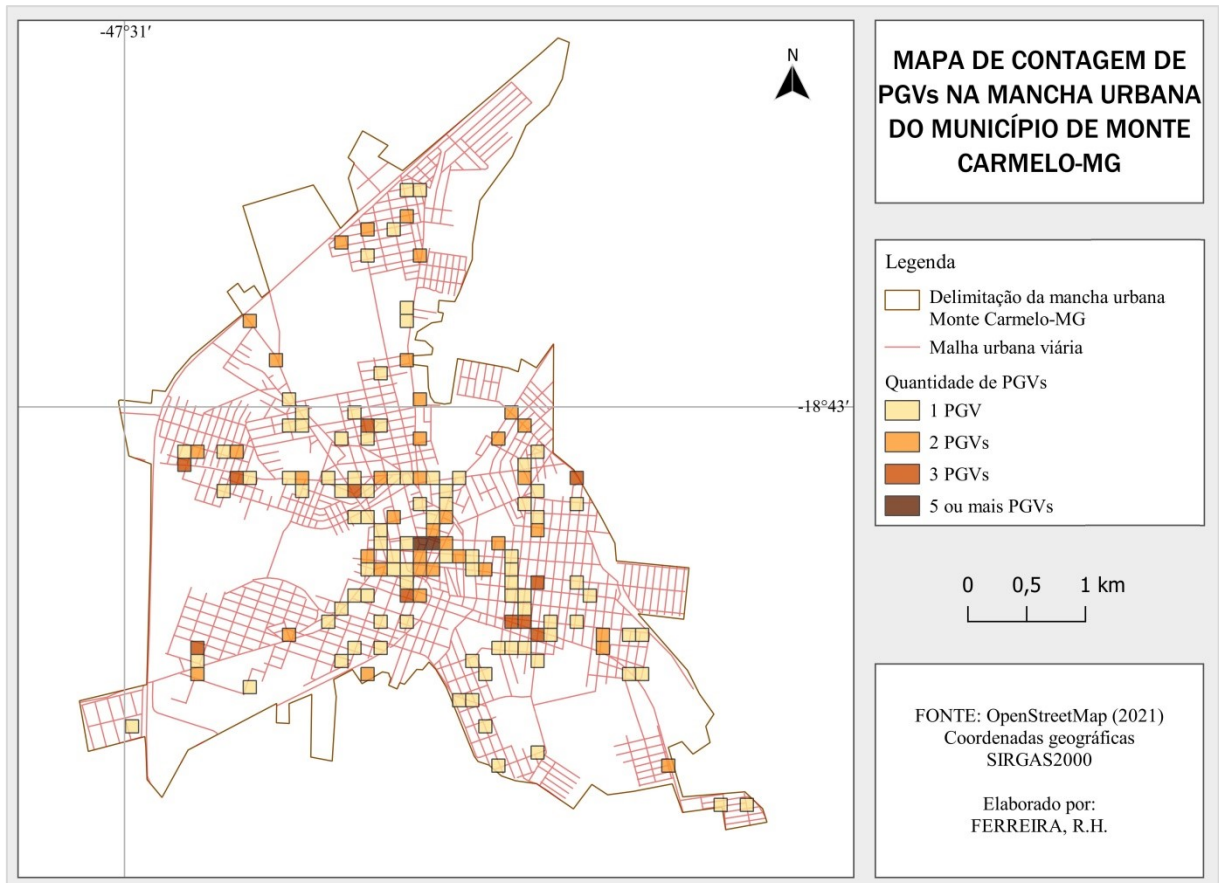
Fonte: O autor

Como representado nos gráficos, essas vias tem uma variabilidade altimétrica que torna dificultoso o deslocamento por bicicletas. Sendo assim, considerando a literatura, esses trajetos não são favoráveis ao deslocamento por bicicletas.

7.4 Espacialização dos PGVs

Uma representação contendo a quantidade dos PGVs da área de estudo é apresentada na Figura 19. Um PGV representa neste estudo uma possível demanda de transporte cicloviário. Foram identificados pontos como: escolas, supermercados de médio e grande porte, hospitais, universidades e outros.

Figura 20 - Mapa de contagem de PGVs na mancha urbana de Monte Carmelo-MG



Fonte: O autor

A quantidade de PGVs, dentro da mancha urbana do município, foi de 215 polos que indicam uma demanda significativa de viagens para àquela área. Quanto maior o número de PGVs encontrado no mapa, maior a necessidade de uma rede de transportes planejada para atender a demanda de deslocamentos daquela área e especificamente para os referidos pontos. Verifica-se que os PGVs estão mais concentrados na área central da cidade.

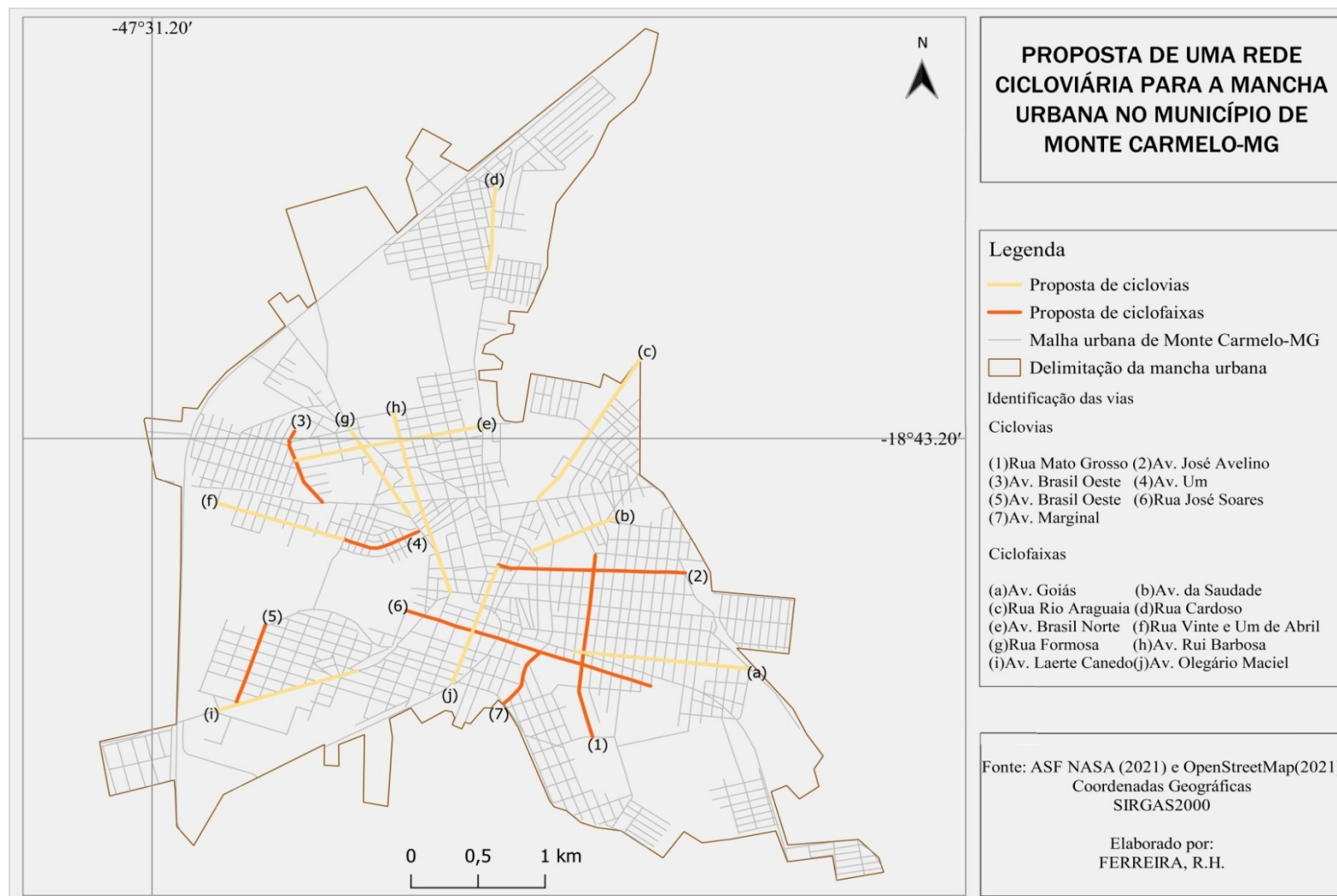
7.5 Proposta de uma rede cicloviária

A avaliação dos valores de declividade é importante para identificar vias onde é possível implantar uma rede cicloviária gerando o menor esforço físico do ciclista nos trajetos, entre os locais de origem e destino. A relação dessa variável com a identificação de uma demanda geoespacializada de PGVs corrobora para a definição de uma rede cicloviária que atenda os PGVs identificados na área de estudo.

As vias consideradas para compor a rede cicloviária deste estudo foram as identificadas como planas ou quase planas, as de declive suave e inclinadas. As vias muito inclinadas, fortemente inclinadas, íngremes de região montanhosa e muito íngreme foram descartadas por exigirem um esforço físico elevado nos deslocamentos realizados por bicicleta. Além disso, todas as vias da rede cicloviária passam por um PGVs. A representação das vias cicláveis e não cicláveis estão apresentadas na Figura 18.

A título de exemplo, a Av. Olegário Maciel (j) apresenta um número elevado de PGVs e é classificada como declive suave. Portanto, é uma via favorável à implantação de uma ciclovia ou ciclofaixa.

Figura 21 - Proposta de uma rede cicloviária para a mancha urbana do município de Monte Carmelo-MG



Fonte: O autor

A título de exemplo, a Av. Olegário Maciel (j) apresenta um número elevado de PGVs e é classificada como declive suave. Portanto, é uma via favorável à implantação de uma ciclovia ou ciclofaixa.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do trabalho realizado, pode-se perceber a contribuição da geoprocessamento para o planejamento urbano e de transportes. A utilização de uma imagem de satélite de forma gratuita mostrou-se oportuna para representação de rotas, e a identificação de uma rede ciclável. Sendo assim, a técnica possibilita que uma cidade de pequeno porte possa identificar aspectos importantes do transporte e mobilidade urbana sustentável.

Com relação ao objeto de estudo, transporte por bicicleta, foi possível observar as vias que podem integrar uma rede cicloviária para o município de Monte Carmelo-MG. Verificando-se que a demanda de transporte por área e a declividade das vias são fatores importantes para a implantação da rede cicloviária.

Quanto à declividade, pode-se observar que as vias planas ou quase planas e as vias de declividade suaves foram as mais indicadas para este estudo. As vias inclinadas foram escolhidas por representarem um contingente significativo de viagens naquela região e que não tiveram classes mais baixas de declividade das vias naquela localidade. Sendo assim, todas as indicações das rotas cicláveis levaram em consideração esses dois aspectos fundamentais para este estudo.

Portanto, evidencia-se a importância da continuidade de estudos de outros fatores de influência em rotas de bicicleta; tais como: características do tráfego, características do ambiente, características da viagem e etc. Destaca-se também que a metodologia deste trabalho pode ser reproduzida em outras cidades, considerando as especificidades de cada área de estudo.

9. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de trabalho de campo, para coleta de maior número de pontos de controle bem distribuídos em toda a área de estudo, para validar a imagem de satélite. Na etapa de validação dos dados, em função da disponibilidade, neste

trabalho foi considerado apenas os pontos de controle do bairro Cidade Jardim em Monte Carmelo-MG.

REFERÊNCIAS

- ANDRADES FILHO, C. de O. **Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FDB**. 2010. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, 2010.
- BRASIL, **Caderno Referência para a elaboração: Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades**. Ministério das Cidades, Caderno 01, p.232, 1º ed. Brasília, DF.2007.
- BRASIL, **Caderno Referência para a elaboração: Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades**. Ministério das Cidades, Caderno 01, p.232, 1º ed. Brasília, DF. 2016.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro.
- BRASIL. Ministério das Cidades. (2007). **Caderno PlanMob: para orientação aos órgãos gestores municipais na elaboração dos Planos Diretores de Mobilidade Urbana**. Brasília.
- BREWER, C. A. **DESIGNING BETTER MAPS: a guide for GIS users**. Pensilvânia, EUA: Esri Press, 1960. 252p.
- BROACH J., DILL J., GLIEBE J., **Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data**. Transportation Research Part A, nº46, p. 1730-1740, 2012.
- CÂMARA, G.; FREITAS, U. **Perspectivas em sistemas de informação geográfica**. Fator Carvalho, Enderson Fabian de (2013). **Aceitabilidade de uma ciclovia sob a ótica do comércio do seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- CARVALHO, Enderson Fabian de. **Aceitabilidade de uma ciclovia sob a ótica do comércio do seu entorno/ Enderson Fabian de Carvalho**. - 2013. xv, 154 f., enc.: il.
- CASELLO J.M., MOUR A., REWA K.C., HELL J., **Na analysis of stated preference and gps data for bicycle travel forecasting**. 90th Annual Meeting os Transportation Research Board, 2011.
- Companhia de Engenharia de Tráfego – CET. 2021 . **Definições de um sistema cicloviário**. Disponível em <http://www.cetsp.com.br/consultas/bicicleta/definicoes.aspx>. Acesso em 13 maio 2021.
- CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 6., 2014. Lisboa. Livros de Actas. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2014. p. 672-683.
- DE BIASE, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 9, p. 45-60, 1992. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/247/226>>. Acesso em 19 maio 2021.

DE BIASI, M. **A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção.** Revista do Departamento de Geografia, n.6, p. 45-60. 1992.

DE BIASI, M. **Cartas de Declividade: Confecção e Utilização.** Geomorfologia, São Paulo, n.21, p. 812. 1970.

Decreto Lei Nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm. Acesso em:
 04/10/2021

DENATRAN (2001) **Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego.** Departamento Nacional de Trânsito. Brasília: DENATRAN/FGV.

DENATRAN. 2021. **Brasil já tem um carro a cada quatro habitantes.** Disponível em
 <<http://www.and.org.br/brasil-ja-tem-1-carro-a-cada-4-habitantes-diz-denatran/>> Acesso em
 10 maio 2021.

DENT, B. D. **CARTOGRAPHY Thematic Map Design.** Nova York, EUA: WCB McGraw-Hill, 1985. 5ª ed. 417p.

DETRAN RJ. **Bicicletas, ciclistas e o código brasileiro de trânsito.** Disponível em:
https://www.pedal.com.br/bicicletas-ciclistas-e-o-codigo-detransito-brasileiro_texto11402.html . Acesso em: 06/10/2021.

DIAS, J. A.; JÚNIOR, J. A. S.; SILVA M. G. **Utilização da bicicleta como modo de transporte em uma cidade montanhosa conforme condição física das pessoas.** In: PLURIS – CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 6, 2014. Lisboa. Livros de Actas. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2014. p. 672-683.

ELIAS, E.N.N.; FERNANDES, V.O.; ALIXANDRINI JUNIOR, M.J.; SCHMIDT, M.M.R. The quality of OpenStreetMap in a large metropolis in northeast Brazil: Preliminary assessment of geospatial data for road axes. Bulletin of Geodetic Sciences. 26(3): e2020012, 2020

EMBRAPA. 2013. ALOS - **Advanced Land Observing Satellite.** Disponível em<
<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos>> Acesso em 31 maio 2021.

E-MOVING. 2021. **O uso de bikes pelo mundo.** Disponível em< <https://e-moving.com.br/2019/10/22/o-uso-de-bikes-pelo-mundo/>> Acesso em 17 maio 2021.

Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (2001) – GEIPOT Manual de planejamento ciclovitário. 3.ed., rev. e amp.: xvii, 126p.: il. Brasília

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais.** Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Departamento de engenharia agrícola; Viçosa, 1997. GIS, v. 3, n. 10, p. 31-34, 1995.

Geoeduc. **Por que o QGIS é um dos softwares de geoprocessamento mais utilizados?** Disponível em:<http://geoeduc.com/2020/07/14/por-que-o-qgis-e-um-dos-softwares-de-geoprocessamento-mais-utilizado/>. Acesso em 10 de maio 2021.

GOSSET, William Sealy. Student. **The Application of the'Law of Error'to the Work of the Brewery,** p. 3-6, 1908.

HARVEY F., KRIZEK K.J., COLLINS R., Using GPS Data to Assess Bicycle Commuter Route Choice. Annual Meeting of Transportation Research Board, 2008.

HENGL, T. Reduction of errors in digital terrain parameters used in soil-landscape modelling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.5, 2009.

HENGL, T.; MACMILLAN, S. Reduction of errors in digital terrain parameters used in soil-landscape modelling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.5, p.97-112, 2009.

HÖHLE, J., and Pedersen, C. O. 2010. "A New Method for Checking the Planimetric Accuracy of Digital Elevation Models Data Derived by Airborne Laser Scanning." In 9th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, University of Leicester, Leicester, UK, 253-56.

INPE. Declividade ou Gradiente . Ambdata – Variáveis Ambientais para Modelagem de Distribuição de Espécies, 2021. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade_gradiente.php>. Acesso em 29 Abril 2021.

Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA.2017. **Conheça as particularidades das emissões de GEE de cada região do Brasil**. Disponível em< <https://energiaeambiente.org.br/produto/seeg-municipios-emissoes-por-regiao>> Acesso em 11 maio 2021.

Kneib, E. C. (2004) **Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano**. Dissertação de M.Sc. Transportes, Universidade de Brasília.

Kneib, E. C.; Taco, P. W. G; Silva, P. C. M. da S. (2009) **Polos geradores de viagens e mobilidade: a evolução dos conceitos e da consideração dos impactos gerados**. Revista dos Transportes Públicos, v. 121, 65-80.

LEPSCH, I.F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2 imp. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

MASTERGIS. 2021. **Ilustração de um modelo digital de superfície e um modelo digital do terreno**. Disponível em <https://www.mastergis.com/> Acesso em 27 maio 2021.

Mello, Claudinei;, Yara & Silveira. (2018). Análise de Modelos Digitais de Elevação e geração de atributos topográficos para a região da Serra do Mar do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 11. 2019-2045. 10.26848/rbgf.v11.6.p2019-2045.

MINISTÉRIO DAS CIDADES **Plano de mobilidade por bicicleta nas cidades, Coleção Bicicleta Brasil**, caderno 1, Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Brasília:2007.

MONTELLO, D. **Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches**. *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 29, n. 3, 2002. pp. 283-304

NUNES, J.L. (2005). **Estudo da demanda por estacionamento em Instituições de Ensino Superior**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

PORTUGAL, L. S. e GOLDNER, L. G. (2003) **Estudo de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes**. São Paulo: Editora Edgard Blücher.

Portugal, L. S. e Goldner, L. G. (2003) **Estudo de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes**. São Paulo: Editora Edgard Blücher.
 REVISTA PEG. **Mercado de bicicletas tem crescimento de 26% na pandemia**. Disponível em: <https://revistapegn.globo.com/Negocios/noticia/2021/03/mercado-de-bicicletas-tem-crescimento-de-26-na-pandemia.html>. Acesso em: 19/09/2021.

ROBINSON, A. H. e PETCHENIK, B. **THE NATURE OF MAPS: essays toward understanding Maps and Mapping**. Chicago, EUA: The University of Chicago Press, 1976. 138p.

ROCHA, Antônio Henrique Almeida, and Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega.- 2018 **"ANÁLISE GEOGRÁFICA DE ROTAS PENDULARES USADAS POR CICLISTAS EM BELO HORIZONTE."**. ANPET.

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista Do Departamento De Geografia, V. 6, p. 17-29, 1922.

ROSS, J. L. S. **RELEVO BRASILEIRO: UMA NOVA PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO**. Revista Do Departamento De Geografia, 4, 25-39, 1985.

RYSTEDT, Benget and Sweden. 2002. **O MUNDO DOS MAPAS**. Disponível em < <https://docplayer.com.br/24511038-O-mundo-dos-mapas-grupo-de-trabalho-do-ano-internacional-do-mapa-editores-f-ormeling-e-b-rystedt-ica-e-os-autores.html>> Acesso em 22 maio 2021.

SALISSO FILHO, J.L. **Avaliação da Qualidade do Dado Espacial Digital de Acordo com os Parâmetros Estabelecidos por Usuário**. São Paulo, 2013. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SEABRA, Luciany Oliveira. **Fundamentos para a construção de um índice para gestão estratégica da mobilidade urbana sustentável - igemus**. 2013. xiii, 116 f., il. Tese (Doutorado em Transportes)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SEGADILHA, Ana Beatriz Pereira. **Identificação dos fatores que influenciam na escolha da rota pelos ciclistas: estudo de caso da cidade de São Carlos / Ana Beatriz Pereira Segadilha**. São Carlos: UFSCar, 2014.

SeMob, **Caderno Técnico para projetos de mobilidade urbana**. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana. Ministério das cidades 2016. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/transporte-ativo---projetos-de-mobilidade-urbana.pdf>. Acesso em: 08/08/2021.

SILVA, Ana Bastos; SILVA, João Pedro. **A bicicleta como modo de transporte sustentável**. Universidade de Coimbra e Instituto Politécnico de Leiria, v. 7, 2005.

SLOCUM, T. A. **THEMATIC CARTOGRAPHY AND VISUALIZATION**. Nova Jersey, EUA: Prentice Hall, 1999. 293p.

SLUTER, Robbi. **"Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico com parte do processo de comunicação."** Portal de Cartografia das Geociências 1.1 (2008): 01-20.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia**. Notícias Geomorfológicas, v. 16, n. 35, p. 71-104, 1980.

SUBRAMANIAN, K. S. S.; Singh, A.; **Sudhakar, M. Evaluation of digital elevation models created from different satellite images**. 2005. Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net/technology/rs/mi03079pf.htm>>. Acesso em 20 Maio. 2021.

VOZENILEK, Jiri et al. Modelling public transport accessibility with Monte Carlo stochastic simulations: A case study of Ostrava. **Sustainability**, v. 11, n. 24, p. 7098, 2019.

VOŽENÍLEK, V., 2019: **Cartography for GIS—Geovisualization and Map Communication**. Palacky University, Olomouc, Czech Republic, ISBN 80-244-1047-8.

WATANABE, Fernanda Sayuri Yoshino. **Escala cartográfica**. Disponível em< http://www2.fct.unesp.br/docentes/carto/fernanda/Cartografia_GEO-D/Aula2_CAR-GEO-D-2020_Escala.pdf> Acesso em 9 de maio 2021