



Recursos de Geoprocessamento Aplicados à Análise da Declividade da Malha Ciclovitária da Cidade de São Paulo

Applying geoprocessing resources in the declivity analysis of the cycling network of the city of São Paulo

*João Vitor Penteado Simeão*¹
*Gustavo Garcia Manzato*²
*Eliane Viviani*³

Recebido em março de 2018.
Aprovado em outubro de 2018.

RESUMO

A enorme frota de veículos motorizados provoca impactos ambientais, congestionamentos e afeta a mobilidade urbana e a qualidade de vida. Nesse contexto, a mobilidade urbana sustentável sugere utilizar modos não motorizados para alterar tal realidade. Como exemplo tem-se as bicicletas, versáteis e não poluentes. O estímulo para seu uso centra-se em medidas governamentais, onde se insere a oferta de infraestrutura e de condições físicas adequadas, por exemplo a declividade. A literatura técnica recomenda que inclinações superiores a 5% sejam evitadas, pois exigem grande esforço físico dos ciclistas em subidas e podem levar, em descidas, à velocidades elevadas. Objetivando pesquisar a realidade de uma rede ciclovitária quanto às suas inclinações, estudou-se a da cidade de São Paulo. Usando recursos de geoprocessamento, duas estratégias foram aplicadas: a primeira centrada na interseção das bases de dados vetoriais da malha ciclovitária paulistana com carta de declividade; e a segunda na geração de um modelo digital de elevação a partir de curvas de nível e posterior atribuição de informações altimétricas para as vias da malha. Os resultados obtidos da primeira estratégia apontaram que 47% da malha paulistana é composta por trechos com *greides* superiores a 5%. A análise a partir das curvas de nível revelou que 17,9% da malha contém trechos com inclinações maiores que 5%. Concluiu-se que a malha ciclovitária paulistana possui

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Avenida Engenheiro Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru, São Paulo, Brasil. E-mail: jvpenteado@gmail.com

²Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Avenida Engenheiro Luís Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru, São Paulo, Brasil. E-mail: gustavo.manzato@feb.unesp.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Campus de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil, Rodovia Washington Luís, Km 235, São Carlos, São Paulo, Brasil. E-mail: eviviani@ufscar.br

grande parte de suas vias com declividades adequadas, as quais não oferecem maiores empecilhos ao uso das vias.

PALAVRAS-CHAVE: Mobilidade urbana sustentável. Infraestrutura cicloviária. Modelo digital de elevação.

ABSTRACT

The huge fleet of vehicles causes environmental impacts, congestion and affects urban mobility and the quality of life of the population. In this context, sustainable urban mobility suggests the use of non-motorized modes as a way to change this reality. Bicycles are an example: they are versatile and non-polluting. The incentive for its use focuses on governmental measures, which include the provision of infrastructure and adequate physical conditions, such as declivity. Several technical guides indicate that slopes above 5% should be avoided because they are difficult for cyclists on the way up and can lead to high speeds in descending ways. In order to investigate the real condition of a cycling network in terms of its declivity, the cycling network of the city of São Paulo was studied. Using geoprocessing resources, two strategies were applied: the first one focused on the intersection of the cycling network vector database and a declivity map; and the second one on the generation of a digital elevation model using contour lines and subsequent assignment of altimetric information to the cycling network. The results obtained with the first strategy indicated 47% of the São Paulo's cycling network comprises links whose slopes are above 5%. On the other hand, the analyses with the contour lines revealed that 17,9% of the cycling network has slopes above 5%. The concluded was that the most part of the cycling network is composed by routes with adequate declivities, which should not result in major difficulties for cyclists.

KEYWORDS: Sustainable urban mobility. Cycling infrastructure. Digital elevation model.

* * *

Introdução

A urbanização e a cidade são marcas profundas da civilização contemporânea (SPOSITO, 2000). As cidades, ao longo dos séculos, transformaram-se em seu meio, revelando novas conformações sociais, econômicas e organizacionais até, por fim, obterem a atual formação. Vários centros urbanos são caracterizados, porém, por diversos problemas decorrentes de planejamentos infraestruturais deficitários, dentre os quais, o da mobilidade.

A mobilidade urbana se refere aos sistemas de circulação de bens e pessoas nas cidades (BRASIL, 2005), ligando-se também à qualidade de vida

da população de forma geral. Como discorre o Ministério das Cidades (2006), atividades cotidianas como acesso ao trabalho, educação, recreação, compras e serviços estão associadas às condições de deslocamento da população, que, quando deficientes, trazem reflexos negativos ao convívio social e interatividade nas cidades.

O crescimento acelerado, fragmentado e não planejado das cidades, aliado a políticas setoriais pouco integradas (BRASIL, 2005), baixa qualidade dos transportes coletivos e adoção majoritária do transporte individual resultam em um cenário de congestionamentos, privatização do espaço público (SILVEIRA, 2010), riscos de morte e degradação do patrimônio urbano. Nesse cenário, soma-se ainda, os impactos ambientais e poluição atmosférica provenientes da maciça emissão de gases de efeito estufa.

Campos (2006) afirma que a preocupação com tal realidade tem incentivado o estudo e a implantação, em diferentes setores, de medidas e procedimentos que contribuam para a sustentabilidade em áreas urbanas, embasados no enfoque dado ao conjunto de dimensões sociais, econômicas e ambientais, no qual se inserem as questões pertinentes à mobilidade e aos transportes, delineando-se a chamada mobilidade sustentável.

Como apontado por Ruaviva (2016) e pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2007), o objetivo da mobilidade sustentável é a construção de cidades sustentáveis por meio de um conjunto de políticas que produzam acesso equitativo aos espaços urbanos, contribuam para a inclusão social, elevem a qualidade de vida e favoreçam a preservação ambiental.

Tais ações estão centradas, sobretudo, na priorização do uso de meios de transporte conscientes, ecológicos e participativos, com destaque para os não motorizados e/ou coletivos, como as bicicletas.

Econômicas, não poluentes e dinâmicas, as bicicletas são o meio de transporte mais eficiente para curtos trajetos urbanos. Dentre suas vantagens para a sociedade, ampliam as opções de acesso à mobilidade (por demandarem menor espaço viário que automóveis comuns, combatendo os

congestionamentos) e proporcionam benefícios à saúde e redução de gastos (COSTA, 2003).

Mundialmente, o estímulo da prática do ciclismo vem crescendo consideravelmente (ALDRED, 2013). Destacam-se nesses âmbitos estudos de viabilidade e de planos diretores objetivando a melhoria das estruturas viárias para as ciclovias em países como Holanda, Suécia, Coreia do Sul, Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e Espanha (SUTP, 2016).

No Brasil, a bicicleta ganhou destaque, como meio de transporte, em 1997, com a aprovação do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 2005). Em 2014, o Portal G1 (2016) apontou que, juntas, as 26 capitais nacionais detinham 1.414 km de vias destinadas às bicicletas. Três anos depois, tal indicador passou a 3.009 km (PORTAL G1, 2017). Apesar de, no período apontado, a malha cicloviária ter mais do que dobrado nas capitais brasileiras, especialistas indicam que seu aumento tem ocorrido sem planejamento sistemático, o que resulta na ausência de espaços seguros para se trafegar e de campanhas de educação para o uso de bicicletas.

Esta realidade confirma a visão da Comissão Europeia, que alega que a escolha das bicicletas como meio de transporte envolve uma série de fatores, tanto de ordem subjetiva (ligados a quesitos culturais), como objetiva (relacionados às características infraestruturais existentes, englobando ainda as particularidades climáticas e de relevo de cada local) (BRAGA e MIRANDA, 2006).

Dessa forma, é preciso analisar os sistemas cicloviários estruturalmente, isto é, se existem imposições físicas que dificultam o uso das ciclovias, por exemplo elevadas declividades longitudinais. De acordo com Neri, Filho e Savi (2016), o relevo urbano é um dos principais fatores que influenciam o uso da bicicleta nos deslocamentos urbanos. Jensen (2000) apresenta uma queda no transporte cicloviário de 30% para 10% em cidades com desníveis máximos próximos a 100 m.

Diversos manuais técnicos indicam que as inclinações das ciclovias devem ser mantidas tão baixas quanto possível, especialmente em rampas

longas, devendo-se evitar inclinações superiores a 5%, que dificultam a subida para os ciclistas exigindo substancial esforço físico, aumentam o tempo de viagem (VANDENBULCKE-PLASSCHAERT, 2011) e podem levar, na descida, à velocidades além da capacidade de controle por parte dos mesmos, o que representa um risco em potencial (REYNOLDS et al., 2009).

O CROW *Design manual for bicycle traffic* (2007) expressa uma relação entre as alturas a serem superadas e os gradientes. O guia argumenta que trechos curtos com inclinação ascendente íngreme podem ser superados mais facilmente pelos ciclistas. Isto decorre do fato de que o corpo humano pode produzir mais força durante pequenos intervalos de tempo do que durante períodos mais prolongados. Assim, se o esforço tiver de ser mantido por um período maior, a mesma inclinação pode se tornar mais cansativa. Por essa razão, as inclinações nas vias cicláveis não devem ser extensas demais, recomendando-se, caso necessário, sua divisão em segmentos mais curtos e a incorporação de “locais de repouso” planos para os ciclistas. Além disso, o manual observa que a velocidade e a ação do vento em trechos com inclinações elevadas são maiores, o que demanda mais energia dos ciclistas.

O manual CROW também apresenta que, no caso de inclinações descendentes, é preciso atenção às velocidades adquiridas pelas bicicletas (que podem atingir 40 km/h), com amplo espaço livre para desaceleração na parte inferior da inclinação, sem intersecções, curvaturas ou obstáculos.

Assim, diagnosticar a real condição de uma malha cicloviária quanto à declividade de suas rampas longitudinais pode fornecer subsídios para eventuais medidas governamentais de melhorias às mesmas.

Desse modo, escolheu-se a malha cicloviária da cidade de São Paulo como estudo de caso. Marcada por problemas de planejamento do transporte urbano, oriundos da precariedade das infraestruturas de mobilidade, sendo o uso preponderante do automóvel um dos principais agravantes, a metrópole teve sua rede cicloviária implementada como alternativa para superação dos problemas de tráfego e conscientização ambiental (VACCARI e FANINI, 2011).

Embora o registro histórico da bicicleta como meio de transporte diário paulistano não seja significativo por conta da topografia acidentada, clima instável, falta de infraestrutura cicloviária e tráfego agressivo (MALATESTA, 2014), entre 1997 e 2007 as viagens utilitárias de bicicleta passaram por um aumento espontâneo. Hoje, com cerca de 742 km de extensão (levando em conta ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas e ciclopasseiras), a malha cicloviária paulistana é tida como a maior do Brasil (PORTAL G1, 2017) e uma importante pauta no planejamento da cidade.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi analisar as declividades das rampas longitudinais da malha cicloviária da cidade de São Paulo, verificando se as mesmas apresentam trechos com inclinações superiores às recomendadas. Para tanto, foram empregados recursos de geoprocessamento, como ferramentas de análise de modelos digitais de elevação (MDE). Na sequência, o artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 1 são apresentados os materiais e métodos da pesquisa. Na seção 2 estão os resultados e discussões. Por fim, a seção 3 contempla as conclusões deste estudo, seguida dos agradecimentos e das referências bibliográficas citadas.

1 Materiais e Métodos

Inicialmente, foi feita uma revisão sistemática da literatura por meio da consulta a manuais técnicos e diretrizes sobre a implantação e construção de ciclovias, bem como trabalhos acadêmicos e pesquisas científicas sobre tal temática, em busca de valores limites sugeridos para declividades longitudinais. A compilação das informações contidas em algumas destas publicações está disposta na Tabela 1.

Tabela 1– Declividades máximas recomendadas segundo citações por localidade.

Localidade	Comprimento da inclinação (m)	Desnível a ser vencido (m)	Inclinação máxima sugerida (%)
BRASIL (BRASIL, 2007)	-	4m	5
CATALUNHA (CATALUNHA, 2008)	240	-	5-6
	120	-	6-7
	90	-	7-8
	60	-	8-9
	30	-	9-10
COLÔMBIA (COLOMBIA, 2016)	500	-	3-6
	250	-	6-8
	90	-	8-10
	30	-	10 ou mais
DINAMARCA (DINAMARCA, 2014)	500	15,0	3
	300	10,5	3,5
	200	8,0	4
	100	4,5	4,5
	50	2,5	5
ESCÓCIA (ESCÓCIA, 2011)	-	-	3-7
ESPANHA (ESPANHA, 2007)	-	-	4-8
ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1999)	240	-	5-6
	120	-	7
	90	-	8
	60	-	9
	30	-	10
	15	-	11 ou mais
	100	-	3-5
	30	-	7

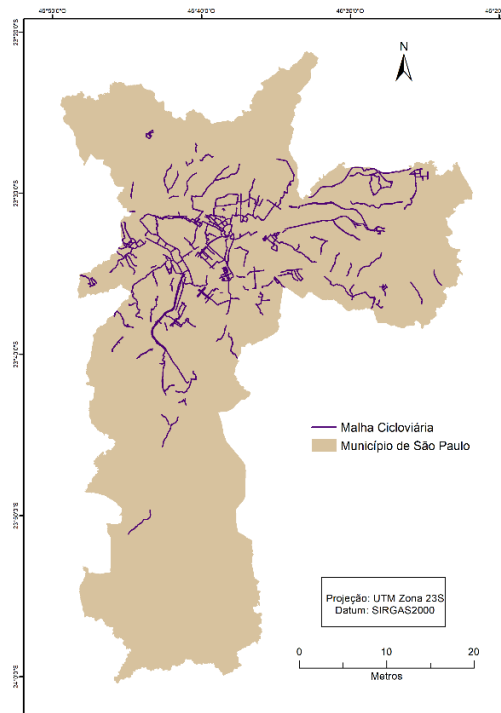
Fonte: elaborada pelo autor.

A Tabela 1 permite observar que à medida que o comprimento longitudinal das rampas aumenta, os manuais técnicos analisados recomendam reduzir as declividades máximas. Tal fato ocorre no intuito de facilitar o seu uso pelos ciclistas. Assim, vê-se que rampas com comprimentos superiores a 100m tiveram suas declividades máximas estabelecidas entre 4,5% e 8%, valores baixos frente aos 11% de inclinação mencionado pelo manual AASHTO para vias com 15m de comprimento, por exemplo. Dessa forma, dada a extensão da malha cicloviária paulistana e inferindo que o comprimento de grande parte de suas vias constituintes seja da ordem de

100m ou maior, a declividade de 5% foi admitida como parâmetro de análise das inclinações da malha. Logo, vias com declividades inferiores ou iguais a 5% foram tratadas como “não críticas”, ou seja, adequadas às prescrições das diretrizes técnicas, enquanto que vias com *greides* superiores a 5% foram classificadas como “críticas”.

As informações da malha cicloviária (como extensão, localização, tipo – ciclovia, ciclofaixa, ciclorrota ou ciclopasseira) foram obtidas por meio de bases de dados georreferenciados da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET - SP). São dados vetoriais *shapefile*, mapeados em 2016 e com escala 1:1.000. A Figura 1 apresenta a disposição espacial da malha cicloviária do município de São Paulo.

Figura 1 – Malha cicloviária da cidade de São Paulo



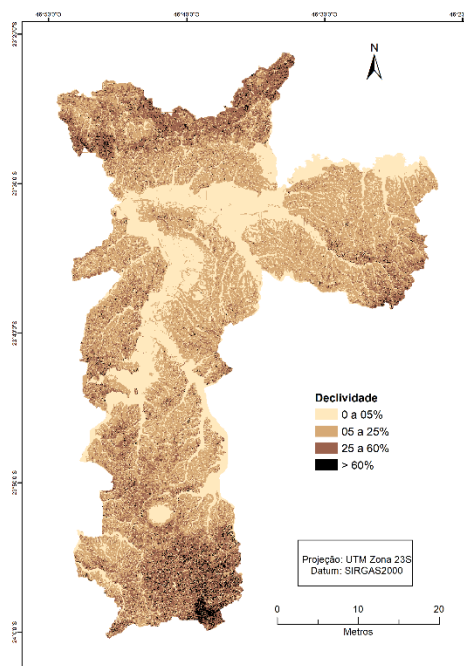
Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego (2016).

A determinação da declividade das vias da malha cicloviária ocorreu por meio de duas estratégias: 1) utilizando uma carta de declividade e 2) utilizando uma base de dados de curvas de nível para a geração de um modelo digital de elevação. Tais estratégias estão detalhadas a seguir.

Estratégia 1: utilizando a carta de declividade

Inicialmente, adquiriu-se a carta de declividades da cidade de São Paulo existente na base de dados do portal GeoSampa. A carta, em formato vetorial do tipo polígono, foi obtida com base no processamento das informações de altimetria da cidade (SÃO PAULO, 2016) e está organizada em uma estrutura de células que contêm as inclinações do município processadas e divididas em intervalos percentuais (de 0% a 5%, de 5% a 25%, de 25% a 60% e maior que 60%). Os dados datam do ano de 2000 e têm escala 1:100.000. A carta de declividades está representada na Figura 2.

Figura 2 – Carta de declividades do município de São Paulo



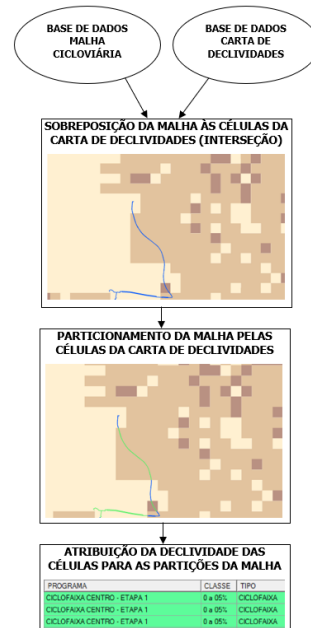
Fonte: Portal GeoSampa (2000).

Depois, a carta de declividades e a malha ciclovária foram carregadas no ambiente do *software* TerraView, versão 4.2.2, SIG (Sistema de Informações Geográficas) que permite visualizar e tratar dados geográficos (TERRAVIEW, 2017).

O *software* permitiu operar a interseção da malha ciclovária com a carta de declividades, isto é, a malha foi sobreposta à carta e particionada de

acordo com as células da carta, sendo atribuído para cada partição o valor de declividade contido na respectiva célula sobreposta. Esta sequência de operações está ilustrada na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama simplificado da primeira estratégia mostrando as etapas executadas no TerraView para processamento de dados



Fonte: elaborada pelo autor.

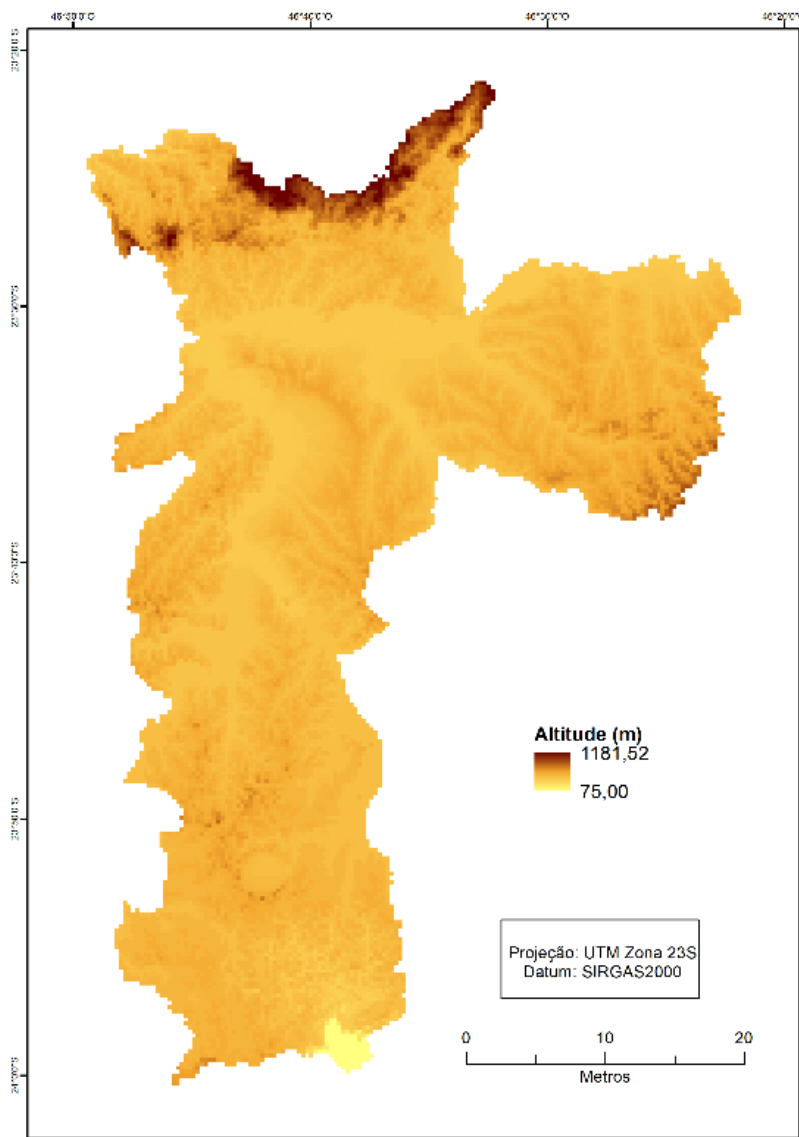
Estratégia 2: utilizando ferramentas do Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para desenvolvimento da segunda estratégia, primeiramente foi extraído do acervo do portal GeoSampa as informações topográficas da capital paulista em curvas de nível intervaladas a cada 5m. As mesmas estavam dispostas em um arquivo *shapefile* (escala 1:1.000). Com a finalidade de utilizá-las para geração de um MDE, foi necessário o uso de um *software* com maior capacidade de processamento de dados que o TerraView, sendo adotado o SIG ArcGIS *Desktop*, versão 10.3.1, para execução da tarefa.

Assim, com as curvas de nível construiu-se uma superfície TIN (*Triangulated Irregular Network*), criada a partir da interpolação dos valores de altitude contidos nas curvas (ANDERSON MEDEIROS, 2018). O

A etapa seguinte consistiu em determinar a inclinação da malha cicloviária. Tendo em vista o fato do ArcGIS deter ferramenta (na versão 10.3.1, “*Add Surface Information*”) que permite atribuir para elementos vetoriais informações superficiais de dados matriciais (ESRI COMMUNITY, 2018), o MDE foi convertido para formato matricial (Figura 6). Em seguida, a malha foi particionada em segmentos com 100m visando refinar os resultados do método e determinar declividades para segmentos com extensão próxima à extensão média das faces dos quarteirões.

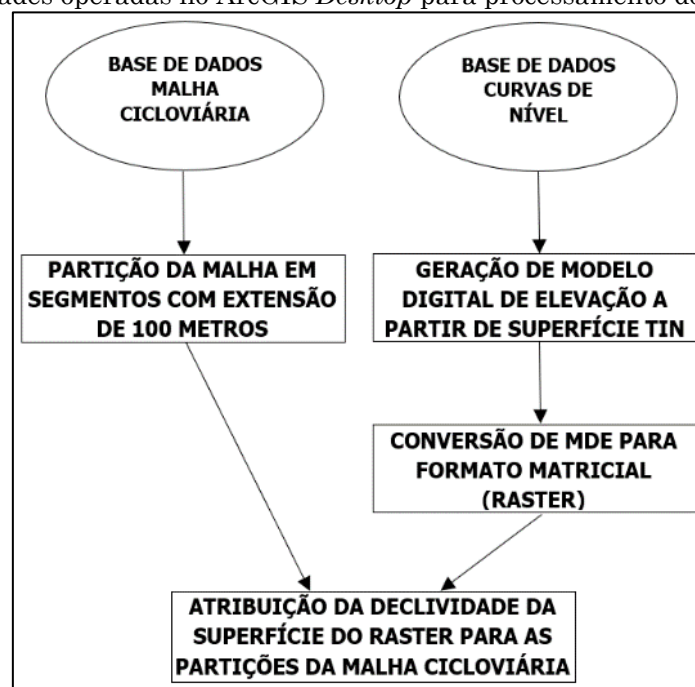
Figura 6 – MDE convertido para formato matricial



Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, empregando-se a referida ferramenta, foi atribuído para cada partição da malha as declividades percentuais mínima, máxima e média do MDE. A declividade média resulta da ponderação entre a média simples das declividades mínima e máxima de cada partição e seu o comprimento. Foram levadas em consideração nas análises as declividades máximas. A Figura 7 exhibe resumidamente a sequência de operações executadas na segunda estratégia.

Figura 7 – Diagrama esquemático da segunda estratégia indicando sequenciamento de atividades operadas no ArcGIS Desktop para processamento dos dados



Fonte: elaborada pelo autor.

2 Resultados e Discussão

Na primeira estratégia, efetuando-se a análise com a carta de declividades, encontrou-se que, dos aproximadamente 742 km de ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas e ciclopasseiras da cidade de São Paulo, cerca de 393,79 km (53,0%) apresentam declividades entre 0% e 5%, 325,58 km (44,0%) entre 5% e 25%, 21,51 km (2,9%) entre 25% e 60% e 0,95 km (0,1%) maior que

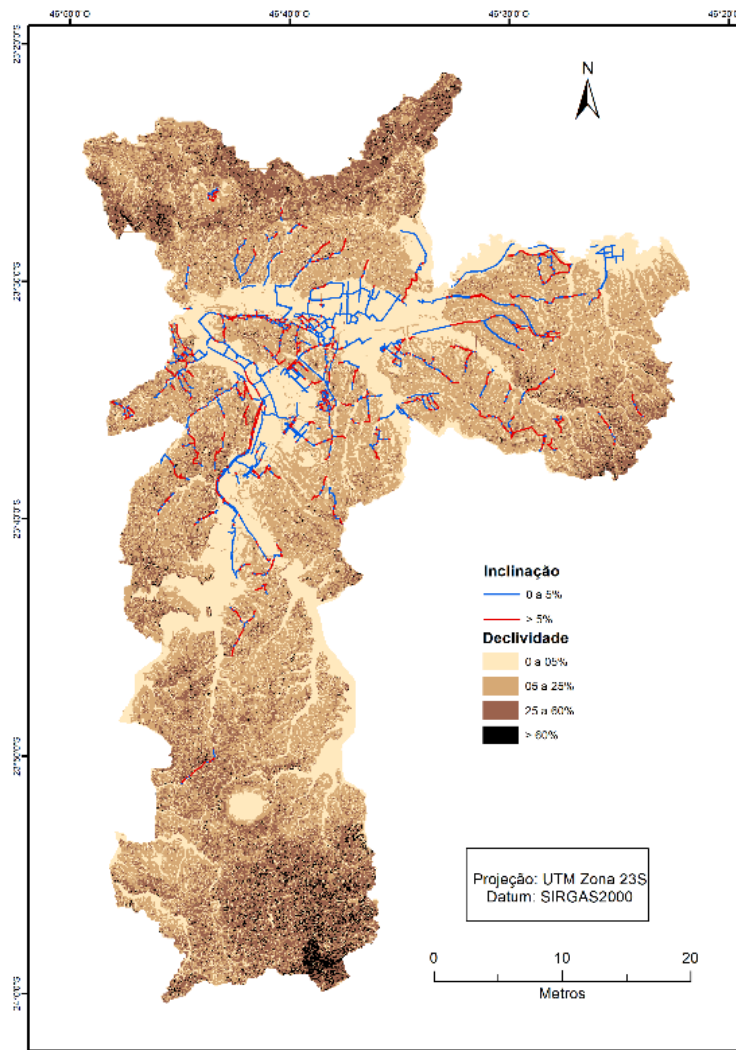
60%. O Quadro 1 traz a extensão da malha cicloviária segundo as classes de inclinação da carta de declividades. Os trechos críticos e não críticos da malha obtidos por meio da primeira estratégia estão contidos na Figura 8.

Quadro 1 – Extensão da malha cicloviária segundo a classe de inclinação (primeira estratégia)

Classe de declividade	Extensão (km)
0 a 5%	393,79
5 a 25%	325,58
25 a 60%	21,51
>60%	0,95

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 8 – Trechos da malha cicloviária da cidade de São Paulo: críticos (em vermelho) e não críticos (em azul), obtidos da análise da carta de declividades



Fonte: elaborada pelo autor.

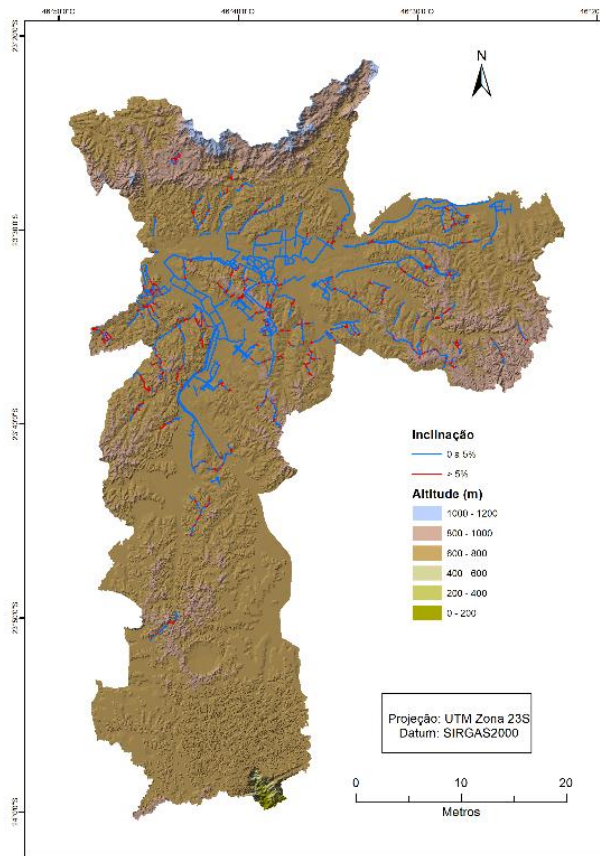
Quanto à segunda estratégia investigada, o processamento utilizando informações de superfície do MDE resultou em 82,1% da malha cicloviária com declividades menores ou iguais a 5% (uma diferença de 29,1% em relação aos 53,0% apresentados pela primeira estratégia) e 17,9% com inclinações críticas. O Quadro 2 foi elaborado com classes de inclinação iguais às do Quadro 1, para efeito de comparação dos resultados obtidos por meio das duas estratégias, e seus dados estão representados na Figura 9.

Quadro 2 – Extensão da malha cicloviária segundo a classe de inclinação (segunda estratégia)

Classe de declividade	Extensão (km)
0 a 5%	609,20
5 a 25%	132,68
25 a 60%	0,12
>60%	0,00

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9 – Trechos da malha cicloviária da cidade de São Paulo: críticos (em vermelho) e não críticos (em azul), obtidos da análise do MDE



Fonte: elaborada pelo autor.

Comparativamente ao Quadro 1, o Quadro 2, além de maior quantidade de trechos não críticos, mostra 132,68 km da malha com inclinações entre 5 e 25%, uma redução expressiva frente os 325,58 km apresentados no quadro anterior. Além disso, não foram obtidos segmentos com inclinações superiores a 60%.

Quanto ao padrão de distribuição das vias críticas e não críticas ao longo do município, não foi constatado um padrão propriamente. Com a carta de declividades, os segmentos não críticos concentraram-se nas porções central e norte da cidade, com os não críticos encontrados mais incisivamente nas regiões central e leste. O MDE trouxe as vias não críticas postadas no centro e região leste principalmente, estando as vias críticas dispostas em porções centrais e periféricas (próximas aos limites administrativos) da cidade.

Ainda analisando os trechos críticos obtidos em ambas estratégias, o método utilizando o MDE teve como maior valor de inclinação 28,8%, localizada na ciclovia Ponte dos Remédios. Pelo método da carta de declividades, tal ciclovia teve trechos com inclinação de 0 a 5% e de 5 a 25%.

Acredita-se que essas divergências decorreram das escalas utilizadas em ambas estratégias. A carta de declividades possui escala (1:100.000) muito inferior à da malha cicloviária (1:1.000), o que, na operação de interseção das duas bases, pode ter provocado distorções nos resultados do processamento. Já o MDE, por sua vez, teve sua geração a partir de curvas de nível com a mesma escala da base de dados da malha, determinando maior acurácia na determinação das declividades.

Além disso, as inclinações obtidas com a primeira metodologia estão condicionadas às classes de declividade da carta, de forma que não é possível determinar qual o exato valor dos *greides* das vias cicláveis. A ciclofaixa Ponte da Casa Verde por exemplo: a inclinação obtida está entre 0 e 5%, o que permite classifica-la como uma via não crítica; contudo, sua inclinação pode se tratar de qualquer valor entre 0 e 5%.

No caso da segunda estratégia, o fato das declividades serem calculadas pelo *software* por meio de interpolação, garante que as inclinações das vias sejam efetivamente conhecidas e, além disso, um refinamento dos resultados como objetivado pelos autores. No exemplo da ciclofaixa Ponte da Casa Verde, a declividade máxima obtida foi igual a 1,39%.

Outro ponto para discussão refere-se ao fato das declividades terem sido determinadas para segmentos com 100m de extensão no caso do MDE (em função da partição das vias da malha). Se necessárias extensões diferentes para análise, é possível readequar as vias da malha para tanto por meio de nova partição das mesmas. Utilizando as cartas de declividade, a extensão das vias fica condicionada à dimensão da célula da carta, não havendo possibilidades de alterar tal parâmetro.

3 Conclusões

O objetivo da pesquisa foi alcançado satisfatoriamente. As estratégias aplicadas para tanto, embora efetivas para determinação da declividade da malha cicloviária, apresentaram resultados divergentes, fato atribuído às diferentes escalas empregadas em ambos os métodos.

O uso do MDE como estratégia foi tido como mais preciso em virtude de sua escala ser mais adequada à da malha e por valer-se de métodos de interpolação no computo das inclinações.

Dessa forma, valendo-se dos resultados da segunda estratégia, averiguou-se que a malha paulistana é composta majoritariamente por segmentos com inclinações não críticas e inferiores a 5%, o que facilita seu acesso e uso pelos ciclistas.

Vale ressaltar que para efetiva validação das inclinações encontradas seria interessante a observação *in situ* das ciclovias investigadas na presente pesquisa. Dada a impossibilidade deste fato, o uso de outras bases de dados topográficos, como a do Google Earth por exemplo, para uma análise

comparativa de declividades poderia ser efetuado, contudo tal operação foi julgada fora do escopo do artigo.

Por fim, acredita-se que a utilização do MDE para determinação de declividades de vias cicloviárias se mostra aplicável para outros centros urbanos, bastando que informações topográficas (como curvas de nível ou pontos cotados) e da malha cicloviária estejam disponíveis, com especial atenção às escalas utilizadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica concedida (processo número: 2016/25680-2).

Referências

- ALDRED, R. Incompetent or too competent? Negotiating everyday cycling identities in a motor dominated society. **Mobilities**, vol. 8, 2013. pp. 252-271
- ANDERSON MEDEIROS. Site <<http://www.andersonmedeiros.com/arcgis-fazer-tin-sobrep-imagem-arcscene/>>, acessado em janeiro de 2018.
- BRAGA, M.G.C., MIRANDA, A.C.M. Análise dos sistemas cicloviários brasileiros e propostas para seu desenvolvimento. **Anais do Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS)**, Braga, 2006.
- BRASIL. A mobilidade urbana no planejamento da cidade. Brasília, **Ministério das Cidades e Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM**, 2005.
- BRASIL. Gestão Integrada da Mobilidade Urbana. Brasília, **Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana**, 2006.
- BRASIL. Programa Bicicleta Brasil – Caderno de Referência para elaboração de: Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades. Brasília, **Ministério das**

- Cidades – Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana**, 2007.
- CAMPOS, V.B.G. Uma visão da mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos**, vol. 2, 2006. pp. 99-106
- CATALUNHA. Manual for the design of cyclepaths in Catalonia. Barcelona, **Departament de Política Territorial i Obres Públiques**, 2008.
- COLOMBIA. Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas. Bogotá D.C., Ministerio de Transporte de Colombia, 2016.
- COSTA, M. S. **Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 196p.
- DINAMARCA. Håndbog I cykeltrafik – En samling af de danske vejregler på cykelområdet. Aarhus, **Celis Consult**, 2014.
- ESCÓCIA. Cycling by design 2010. Glasgow, **Transport Scotland**, 2011.
- ESPAÑA. Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Madrid, **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía - IDAE**, 2007.
- ESRI COMMUNITY. Site <<https://community.esri.com/groups/technical-support/blog/2012/03/09/calculating-the-slope-of-a-hiking-trail/>>, acessado em janeiro de 2018.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Guide for the development of bicycle facilities. Washington D.C., **American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO**, 1999.
- HOLANDA. Design manual for bicycle traffic. Ede, **CROW**, 2007.
- JENSEN, S. U. **Land use and cycling**. Copenhagen: Danish Road Directorate, 2000.
- MALATESTA, M. E. B. **A bicicleta nas viagens cotidianas do município de São Paulo**. Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. 251p.
- NERI, T.B., FILHO, H.B., SAVI, E. A pesquisa com ciclistas como suporte ao planejamento cicloviário: estudo em Maringá/PR, Brasil. **Anais do Congresso**

Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS), Maceió, 2016.

- PORTAL G1. Site <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2014/03/ciclovias-representam- apenas-1-da-malha-viaria-das-capitais-no-pais.html>>, acessado em novembro de 2016.
- PORTAL G1. Site <<http://g1.globo.com/economia/noticia/em-3-anos-malha-ciclovitaria-mais-que-dobra-de-tamanho-nas-capitais-do-pais.ghtml>>, acessado em julho de 2017.
- REINO UNIDO. Local transport note 2/08 –cycle infrastructure design. London, **Department for Transport**, 2008.
- REYNOLDS, C. C. O., HARRIS, M. A., TESCHKE, K., CRIPTON, P. A., WINTER, M. The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature. **Environmental Health**, vol. 8, 2009. pp. 47
- RUAVIVA. Site: <<http://www.ruaviva.org.br/mobilidade-sustentavel.html>>, acessado em novembro de 2016.
- SÃO PAULO. Mapa digital da cidade de São Paulo. São Paulo, **Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano**, 2016.
- SILVEIRA, M. O. **Mobilidade sustentável: a bicicleta como um meio de transporte integrado**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Rio de Janeiro, 2010. 168p.
- SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e revolução**. São Paulo: Contexto, 2000.
- TERRAVIEW. Site <<http://www.dpi.inpe.br/terraview/docs/tutorial/Aula1.pdf>>, acessado em julho de 2017.
- THE SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT PROJECT (SUTP). Site <<http://sutp.org/en/resources/publications-by-topic/walking-and-cycling.html>>, acessado em dezembro de 2016.
- VACCARI, L. S., FANINI, V. **Mobilidade urbana**. Relatório técnico, Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná – CREA/PR, Paraná, 2011.

VANDENBULCKE-PLOSSCHAERT, G. **Spatial analysis of bicycle use and accident risks for cyclists**. Lovaina: Presses Universitaires de Louvain, 2011.