

Melhores Práticas em Planejamento Urbano e Regional

Bianca Camargo Martins
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Bianca Camargo Martins
(Organizadora)

Melhores Práticas em Planejamento Urbano e Regional

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Rafael Sandrini Filho
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
M521	Melhores práticas em planejamento urbano e regional [recurso eletrônico] / Organizadora Bianca Camargo Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-558-7 DOI 10.22533/at.ed.587192308 1. Planejamento regional. 2. Planejamento urbano – Brasil. I.Martins, Bianca Camargo. CDD 711.981
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A exclusão socioespacial brasileira é um fato alarmante. O difícil acesso de grande parte da população à plena vida urbana é resultado de uma sucessão de políticas públicas inadequadas e incipientes que, muitas vezes, se distanciam das necessidades e anseios da população. Partindo do pressuposto de que o direito à cidade é um direito básico e significa a garantia a terra urbanizada, o acesso aos serviços e equipamentos públicos, a habitação de qualidade e a inclusão social da população, o presente livro visa apresentar pesquisas que se destacam ao abordar de diferentes formas a crise urbana em que vivemos e apontar boas práticas de planejamento.

Nos vinte e seis capítulos que integram a obra “Melhores práticas em Planejamento Urbano e Regional”, o leitor é convidado a percorrer as mais diversas áreas do território brasileiro a partir do ponto de vista dos autores convidados e conhecer novas perspectivas, mostrando a amplitude da discussão sobre o direito à cidade no contexto nacional.

Acredito que os textos aqui contidos representam grandes avanços para o meio acadêmico. Em um momento crítico para a pesquisa e para as políticas urbanas, a Editora Atena se mostra consoante com a intenção de fomentar o conhecimento científico e cooperar com o diálogo acadêmico na direção da promoção de políticas urbanas cada vez mais justas e inclusivas.

Aproveite a leitura!
Bianca Camargo Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PROCESOS RECIENTES DE ORDENACIÓN Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN ARGENTINA Y EL NORDESTE (2003-2015)	
Miguel Ángel Barreto Roxana Evelyn Abildgaard	
DOI 10.22533/at.ed.5871923081	
CAPÍTULO 2	15
O ÍCONE ARQUITETÔNICO CULTURAL NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DE BARCELONA	
Geise Brizotti Pasquotto	
DOI 10.22533/at.ed.5871923082	
CAPÍTULO 3	36
DO TERRITÓRIO À CIDADE, DA POLÍTICA À CRÍTICA: CONTRIBUIÇÕES DIVERSAS DE GERÔNIMO BUENO E EDGAR GRAEFF AO URBANISMO	
Wilton de Araujo Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.5871923083	
CAPÍTULO 4	50
O MODELO DE DESENVOLVIMENTO FIFA-COI E A IMINÊNCIA DO ESPAÇO ERÓTICO	
Amanda de Lisio João Gabriel Rabello Sodré	
DOI 10.22533/at.ed.5871923084	
CAPÍTULO 5	65
APLICAÇÃO DA TEORIA DE GRAFOS E ANÁLISE ESPACIAL PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS GEOGRÁFICOS: UM ESTUDO DA CRIMINALIDADE VIOLENTA NO HIPERCENTRO DE BELO	
Antônio Hot Pereira de Faria Diego Filipe Cordeiro Alves Leônidas Conceição Barroso	
DOI 10.22533/at.ed.5871923085	
CAPÍTULO 6	80
A DINÂMICA ATUAL DO SETOR PRODUTIVO E SUAS CONTEMPORÂNEAS INTERAÇÕES: EXEMPLOS DA REDE URBANA DE FRANCISCO BELTRÃO - PARANÁ	
Carlos Casemiro Casaril	
DOI 10.22533/at.ed.5871923086	
CAPÍTULO 7	98
ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO ESTADO DE GOIÁS	
Vanessa Marzano Araujo Marisa dos Reis Azevedo Botelho	
DOI 10.22533/at.ed.5871923087	
CAPÍTULO 8	110
DESENVOLVIMENTO REGIONAL CONDUZIDO PELA INDÚSTRIA? OBSERVAÇÕES SOBRE O SETOR AUTOMOBILÍSTICO NO MÉDIO PARAÍBA-RJ	
Bianca Louzada Xavier Vasconcellos	
DOI 10.22533/at.ed.5871923088	

CAPÍTULO 9	124
EXPANSÃO URBANA E ARENA POLÍTICA EM CIDADE HISTÓRICA: A REVISÃO DO PLANO DIRETOR DE PIRENÓPOLIS-GO	
Neio Campos Benny Schvasberg Ricardo Farret	
DOI 10.22533/at.ed.5871923089	
CAPÍTULO 10	139
O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA NA PRODUÇÃO IMOBILIÁRIA EM SÃO PAULO DE 2009 A 2017	
Isabela Baracat de Almeida Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.58719230810	
CAPÍTULO 11	153
IDEOLOGIA E PRODUÇÃO HABITACIONAL NO ESTADO CAPITALISTA: MORADIAS POPULARES (VERTICAIS) PRODUZIDAS NO SETOR OESTE DA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG	
Leandro Oliveira Silva Maria Eliza Alves Guerra	
DOI 10.22533/at.ed.58719230811	
CAPÍTULO 12	169
O POTENCIAL DO SELO CASA AZUL NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SUSTENTÁVEL	
Henriette da Silva Perbeils Mauro Cesar de Oliveira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.58719230812	
CAPÍTULO 13	193
AVALIAÇÃO PÓS OCUPAÇÃO (APO): A QUALIDADE NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS)	
Celina Maria Rodrigues Pinto Anacléa de Araújo Bernardo Arthur Rodrigues Feijão	
DOI 10.22533/at.ed.58719230813	
CAPÍTULO 14	203
QUALIDADE DE VIDA EM EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: UMA ABORDAGEM EXPLORATÓRIA ATRAVÉS DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS	
Luciana Inês Gomes Miron Deyvid Aléx de Bitencourt Monteiro	
DOI 10.22533/at.ed.58719230814	
CAPÍTULO 15	220
REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA DA VILA RESIDENCIAL-UFRJ: OBSERVAÇÕES SOBRE UMA EXPERIÊNCIA	
Maria Julieta Nunes de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.58719230815	

CAPÍTULO 16	232
ZONAS ESPECIAIS DE INTERESSE SOCIAL, ZEIS DE VAZIOS, NA REGIÃO DO GRANDE ABC	
Sandra Teixeira Malvese	
DOI 10.22533/at.ed.58719230816	
CAPÍTULO 17	246
INCLUSÃO TERRITORIAL: EFETIVIDADE DO DIREITO VIA PERSPECTIVA ANTROPOLÓGICA	
Elisa Quint de Souza de Oliveira	
Pedro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.58719230817	
CAPÍTULO 18	259
AS DINÂMICAS DA RENOVAÇÃO DO ESPAÇO URBANO – REESTRUTURAÇÃO URBANA DO SUL DE SÃO PAULO	
Henrique Dinis	
DOI 10.22533/at.ed.58719230818	
CAPÍTULO 19	271
COMPARTILHAMENTO DE RECURSOS COMO ALTERNATIVA PARA ECONOMIA URBANA	
Henrique Dinis	
DOI 10.22533/at.ed.58719230819	
CAPÍTULO 20	289
ANÁLISE DE VIABILIDADE MERCADOLÓGICA POR MEIO DO ESTUDO DE MACROZONAS DE OFERTA	
Camila Carneiro Canedo Custódio	
Marcos Túlio Campos Cândido	
Maria Carolina Brandstetter	
Pedro Henrique de Moraes Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.58719230820	
CAPÍTULO 21	306
ANÁLISE DO IMPACTO DA CRISE ECONÔMICA NO MERCADO IMOBILIÁRIO DE FORTALEZA UTILIZANDO OS ÍNDICES DE SHARPE E SORTINO	
Pedro Oliveira Otoch	
Marcelo Augusto Farias de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.58719230821	
CAPÍTULO 22	315
ANÁLISE COMPARATIVA DE RISCO E RETORNO ENTRE TÍTULOS PÚBLICOS E MERCADO IMOBILIÁRIO DE FORTALEZA	
Pedro Oliveira Otoch	
Marcelo Augusto Farias de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.58719230822	
CAPÍTULO 23	326
PROCESSO DE GESTÃO DE PARQUES URBANOS: ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE, BRASIL	
Luciana Inês Gomes Miron	
Nathalia Danezi	
Cristiane Cassol Schvarstzhaupt	
DOI 10.22533/at.ed.58719230823	

CAPÍTULO 24	339
INFRAESTRUTURA VERDE: CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL	
Daniella do Amaral Mello Bonatto	
DOI 10.22533/at.ed.58719230824	
CAPÍTULO 25	352
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS, UMA POLÍTICA PÚBLICA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ESTUDO DE CASO PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS – EXTREMA-MG	
Carlos Mello Garcias	
Liz Ehlke Cidreira	
Alessandro Bertolino	
Stephanie Louise Inácio Castro	
DOI 10.22533/at.ed.58719230825	
CAPÍTULO 26	366
O MEIO AMBIENTE COMO DEFINIDOR DE FRONTEIRAS E CENTRALIDADES NO ESTUÁRIO DO RIO MACAÉ	
João Lemos Cordeiro Sayd	
DOI 10.22533/at.ed.58719230826	
SOBRE A ORGANIZADORA	379
ÍNDICE REMISSIVO	380

APLICAÇÃO DA TEORIA DE GRAFOS E ANÁLISE ESPACIAL PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS GEOGRÁFICOS: UM ESTUDO DA CRIMINALIDADE VIOLENTA NO HIPERCENTRO DE BELO

Antônio Hot Pereira de Faria

Doutor em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Oficial da Polícia Militar de Minas Gerais. Mestre em Administração. Bacharel em Ciências Militares –área de Defesa Social pela Academia de Polícia Militar de Minas Gerais. Graduado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte –Minas Gerais

Diego Filipe Cordeiro Alves

Doutorando e Mestre em Geografia e pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Bolsista CAPES. Belo Horizonte –Minas Gerais

Leônidas Conceição Barroso

Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1988). Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Minas Gerais(1979). Licenciado em Matemática pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Belo Horizonte (1971), com habilitação em Matemática, Física e Desenho Geométrico. Professor Aposentado do Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais.

RESUMO: Refere-se ao emprego de técnicas de análise espacial e de aplicação da teoria de grafos na solução de problemas geográficos, com modelagem de áreas de interesse de segurança pública baseada nos dados de crimes violentos registrados em Belo

Horizonte. Utilizou-se a técnica estatística de análise espacial de probabilidades (Kernel) e modelagem do hipercentro de Belo Horizonte com base na rede viária. Foi aplicada a teoria de grafos e utilizado o algoritmo de Dijkstra para definição de caminhos mínimos e resolução de problemas de localização. Os resultados apresentaram que o uso do grafo se mostrou eficiente, tanto na resolução de problemas envolvendo rotas, quanto na elaboração de caminhos otimizados para instalação de facilidades. Como fruto do trabalho observou-se que este se apresenta como um instrumento no planejamento da segurança pública e, de modo geral, os resultados oferecem subsídios para criação de mecanismos para implementação de políticas públicas de prevenção criminal.

PALAVRAS-CHAVE: Grafo. Análise espacial. Modelagem. Rotas. Segurança pública.

HORIZONTE APPLICATION OF GRAPH THEORY AND SPATIAL ANALYSIS TO SOLVE GEOGRAPHICAL PROBLEMS: A STUDY OF VIOLENT CRIMINALITY IN THE BELO HORIZONTE

ABSTRACT: Refers to the use of spatial analysis techniques and application of graph

theory to solve geographical problems with modeling public security's areas based on violent crimes in Belo Horizonte. The analysis of spatial statistical with probabilities technique (Kernel) be used and modeling of Belo Horizonte road network. The graph theory and used Dijkstra's algorithm for setting minimum paths and solving location problems has been applied. The results showed that the use of the graph theory is efficient, bothin solving problems involving routes, as in the preparation of ways optimized for installation of facilities. As the work it was observed that methodology presents itself as a tool in the planning of public safety and, in general, the results provide input for creation of mechanisms for implementation of public policies of crime prevention.

KEYWORDS: Graph theory. Spatial analysis. Modeling. Routes. Public security.

1 | INTRODUÇÃO

A questão da criminalidade violenta no espaço urbano tem perpassado por duas agendas, uma referente à segurança pública e suas implicações em relação à desagregação e desordem social, e as discussões dos espaços urbanos e seus aspectos de exclusão e marginalidade, outra referente ao planejamento urbano e os desafios para superar esse fenômeno, cada vez mais presente como sendo “típico” do ambiente da cidade. Os indicadores de criminalidade e violência nos centros urbanos apontam para um crescimento generalizado, porém com ilhas de concentração dos crimes violentos em determinados locais. No Brasil, segundo Beato; Silva; Tavares(2008), a partir de dados do Censo de 2000, do Sistema Único de Saúde e do Centro de Estudos de Criminalidade e Segurança Pública, as regiões metropolitanas de Rio de Janeiro e São Paulo concentram 40% dos homicídios cometidos no país, embora tenham 18% da população, e, em outra escala também alarmante do ponto de vista da concentração do fenômeno, cerca de 20% das mortes violentas acontecem em menos de 2% da área geográfica dos centros urbanos. Em Belo Horizonte, conforme dados que agrupam crimes violentos (homicídio, homicídio tentado, roubo, roubo a mão armada, estupro, latrocínio, extorsão mediante sequestro e sequestro e cárcere privado) verificou-se que a região do hipercentro da cidade concentra a maior densidade de crimes por área de todo o espaço urbano. Dentre as possibilidades de suporte para resolução de problemas geográficos, tem-se a aplicação da teoria de grafos, quando se estuda principalmente contextos e realidades que podem ser modelados por meio de redes (LIMA; BARROSO; ABREU, 2012).

Neste sentido, tem-se o objetivo central deste trabalho de propor, a partir da teoria de grafos e técnicas de análise espacial, uma metodologia de modelagem do fenômeno criminal no espaço urbano a fim de definir pontos de interesse espacial para definição de rotas seguras e otimização dos recursos públicos de prevenção criminal. Trata-se de um estudo interdisciplinar que integra conhecimentos geográficos,

matemáticos, computacionais e das ciências sociais e militares.

2 | CONSIDERAÇÕES SOBRE A TEORIA DE GRAFOS

A teoria de Grafos foi utilizada para a modelagem do problema geográfico da distribuição espacial de crimes, obtida por meio de técnica de análise espacial.

Segundo Barroso (1998, p. 13), um Grafo “é uma estrutura matemática constituída de dois conjuntos, sendo um V , finito e não vazio, de n vértices, e outro E , de arestas, que são pares não ordenados de elementos de V ”. Para as estruturas em que a direção das arestas é relevante, tem-se um “digrafo”.

Os vértices do grafo são adjacentes se definem uma aresta, ou seja, se (a, b) é uma aresta do grafo, então (a, b) incide em “ a ” e em “ b ”. Um caminho é uma sequência de arestas distintas adjacentes. O caminho, por sua vez, poderá ser aberto, quando vai de v_1 a w_p , em que $v_1 \neq w_p$, ou aberta quando $v_1 = w_p$. Há um ciclo quando se tem um caminho fechado (neste caso, o grafo é cíclico, quando não há ciclos, o grafo é acíclico). Quando existe um caminho que liga os vértices v e w , diz-se que v alcança w . O grau do vértice do grafo é o número de incidências de arestas no vértice. Um laço ocorre quando uma aresta possui vértices coincidentes. Diz-se que arestas são paralelas quando compartilham o mesmo par de vértices extremos. Se um grafo não possui laço nem arestas paralelas, ele denomina-se simples. O grafo poderá também ser classificado como conexo, quando a partir de um vértice qualquer se alcança todos os demais vértices do grafo, ou como desconexo. Quando não há arestas partindo de um vértice, este é chamado de vértice isolado. O grafo será valorado quando suas arestas e/ou vértices estão relacionados a algum atributo (estes grafos são utilizados na modelagem de problemas que buscam minimizar distâncias –em termo espacial, temporal, de custos, etc.). Os grafos podem ser representados por diversas formas, dentre as quais se destacam por meio de matrizes (adequados para a manipulação matemática) e a geométrica, que facilita a compreensão (principalmente de informações espaciais) (BARROSO, 1998).

Uma das possibilidades de resolução do problema geográfico proposto neste trabalho é a do caminho mínimo. A determinação do **caminho mínimo** entre dois vértices de um grafo tem como objetivo minimizar a distância entre eles, sendo que a distância poderá ser (espaço, tempo, custo, etc.). Um dos mais famosos algoritmos utilizados na resolução deste problema é o de Dijkstra (1959) que permite a resolução para arestas com pesos positivos (LIMA; BARROSO; ABREU, 2012).

Outra definição importante para o trabalho é a de **conjunto dominante**, que segundo Boaventura Netto e Jurkiewicz (2009, p. 84) é “um subconjunto de vértices, tal que todo vértice do grafo está no conjunto ou é adjacente a um de seus vértices”. Tal definição permite que se encontrem os melhores locais para instalação de facilidades e relaciona-se com problemas de localização espacial.

Por fim, destaca-se a **busca em profundidade** que consiste em uma técnica aplicada na exploração sistemática de um grafo. Por meio de caminho paravista em vértices e arestas do grafo é possível obter informações, tais como se o grafo é conexo, encontrar caminho entre dois vértices, além de identificar estruturas estratégicas como ponte e articulação (vértice que se removido deixa o grafo desconexo) ou ponte (aresta que se removida deixa o grafo desconexo) (LIMA; BARROSO; ABREU, 2012). No processo de busca, dois tipos de aresta podem ocorrer: de árvores (aquelas visitadas quando um dos extremos é comandante da busca v , e outro vértice w , acabou de ser alcançado. Nesse caso, v é o pai de w) e arestas de retorno (fazem conexão do comandante da busca v com um vértice w , anteriormente alcançado) (BARROSO, 2007).

3 | CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: CRIMINALIDADE VIOLENTA EM BELO HORIZONTE

Considerando o interesse deste estudo, de aplicação de técnicas de análise espacial e da teoria de grafos para solução de problemas geográficos afetos à criminalidade violenta, elegeu-se a região do hipercentro de Belo Horizonte como objeto, uma vez que este espaço geográfico concentrou, de maneira sistêmica, no período de 2007 a 2013, a maior densidade de crimes violentos da cidade, com concentração anual superior a 1000 crimes por km^2 , conforme expresso na figura abaixo.

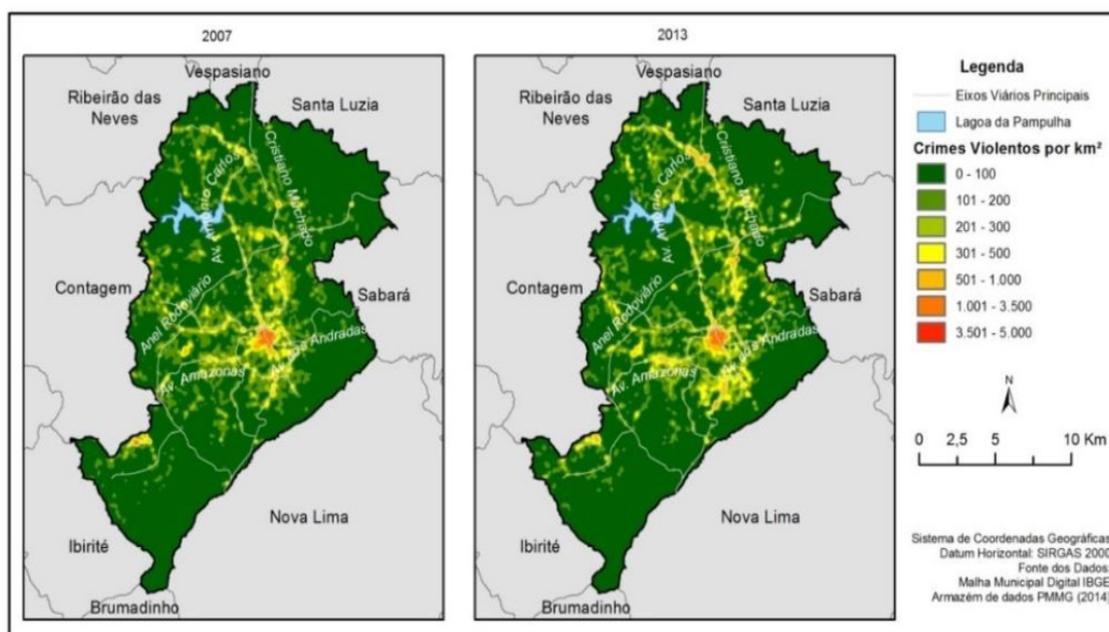


Figura 1: Evolução da distribuição espacial dos crimes violentos em Belo Horizonte nos anos de 2007 e 2013.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A constatação ensejou o presente estudo, de escala espacial em nível local, a fim de se verificar com um nível de detalhamento maior a distribuição espacial do fenômeno e aplicar a teoria de grafos para o ambiente, considerando principalmente sua estrutura viária, com traçado dotipoortogonal-radial.Em termos de atividades de prevenção criminal, a subárea do hipercentro é atendida pela 6ª Cia PM Esp, pertencente ao 1º Batalhão de Polícia Militar (1º BPM) da 1ª Região de Polícia Militar (1ª RPM).

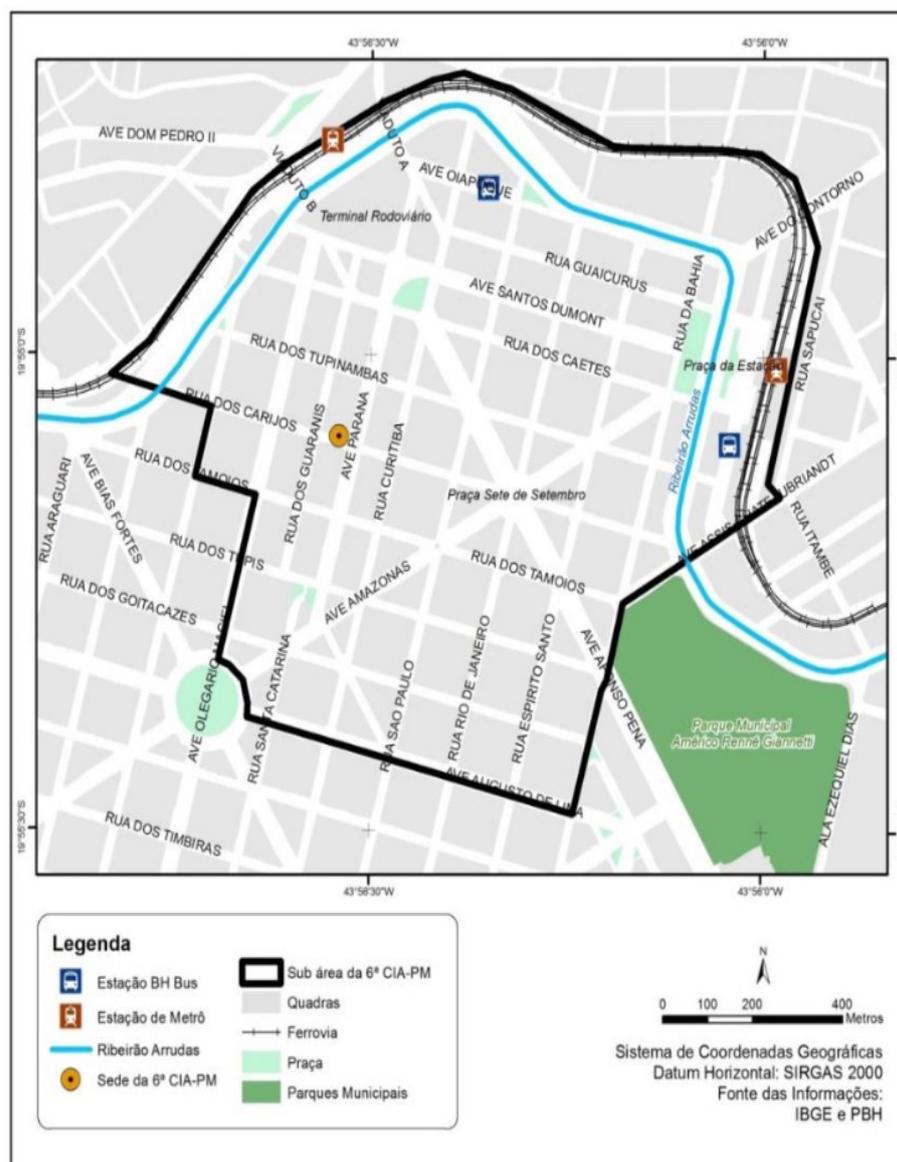


Figura 2: Mapa de localização do hipercentro de Belo Horizonte.

Fonte:Elaborado pelos autores.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi elaborado em duas etapas distintas, o mapeamento da concentração de crimes violentos no ano de 2013 na área de abrangência da 6ª Companhia de Polícia Militar Especial e a modelagem dos caminhos mais adequados

a cada tipo de usuário nessa mesma região.

Primeiramente foi mapeada a densidade de ocorrências relacionadas a crimes violentos no hipercentro de Belo Horizonte. Os dados de criminalidade para a cidade de Belo Horizonte com recorte temporal de 2013, obtidos do Armazém de dados de Registros de Evento de Defesa Social (REDS). Compõem os crimes violentos as ocorrências classificadas como homicídio, homicídio tentado, roubo, roubo a mão armada, estupro, latrocínio, extorsão mediante sequestro e sequestro e cárcere privado.

Os dados das ocorrências, obtidos em formato tabular, foram especializados de forma pontual a partir do par de coordenadas geográficas contidas no banco de dados. Desta forma, para cada uma das ocorrências foi gerado um ponto, posteriormente sobreposto à base de quadras e arruamento de Belo Horizonte.

O cálculo da concentração de ocorrências foi feito utilizando o estimador de densidades de Kernel implementado em ambiente ArcGis versão 10.0, utilizando como raio de busca 250 metros. Os dados foram divididos em 10 classes, com os seguintes valores de quebra: 500, 750, 1.000, 1.250, 1.500, 1.750, 2.000, 2.500, 3.000 e 3.500 ocorrências por km².

O mapa a seguir apresenta a concentração de crimes violentos na área do hipercentro de Belo Horizonte, destacando-se as áreas do entorno do terminal rodoviário, a Praça Sete de Setembro (no entroncamento das Avenidas Afonso Pena e Amazonas) e o entorno da Praça da Estação como pontos de maior ocorrência destas modalidades de crime no ano de 2013.

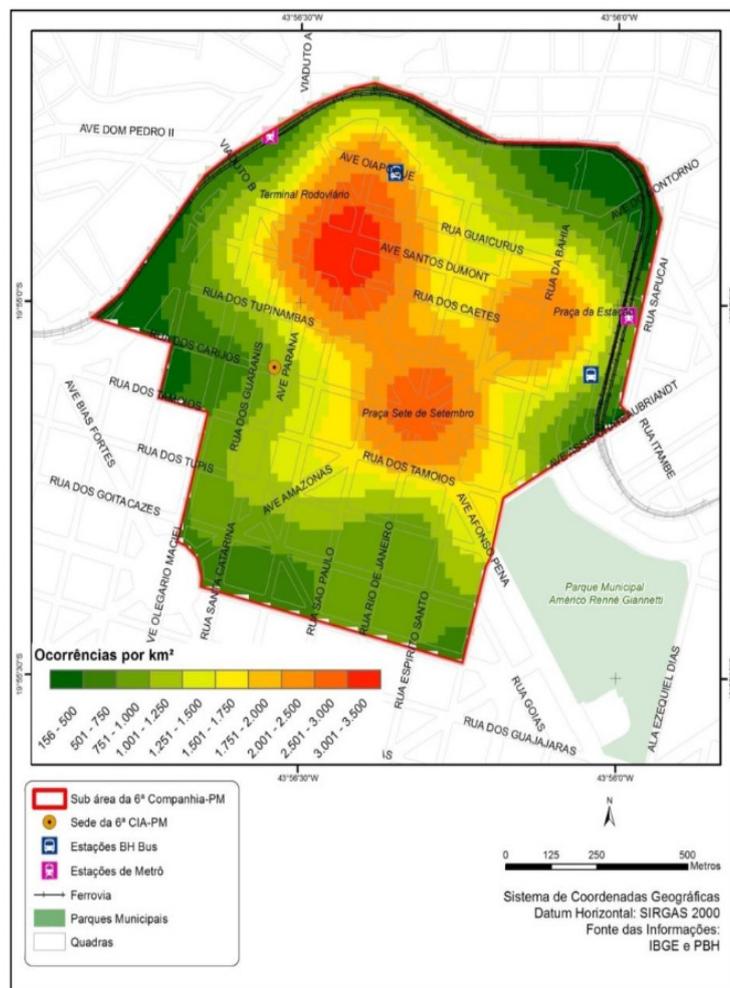


Figura 3: Densidade crimes violentos no hipercentro de Belo Horizonte (ano 2013).

Fonte:Elaborado pelos autores.

A segunda etapa do trabalho exigiu a modelagem dos caminhos possíveis dentro do hipercentro a partir do grafo. A geometria de grafo permite a resolução de problemas complexos que envolvam distâncias não euclidianas, tais como a busca de rotas mais curtas, rápidas ou otimizadas para instalação de facilidades, a partir de critérios pré-definidos. Para a modelagem deste grafo, inicialmente foram criados as arestas em cada um dos logradouros da região em estudo.

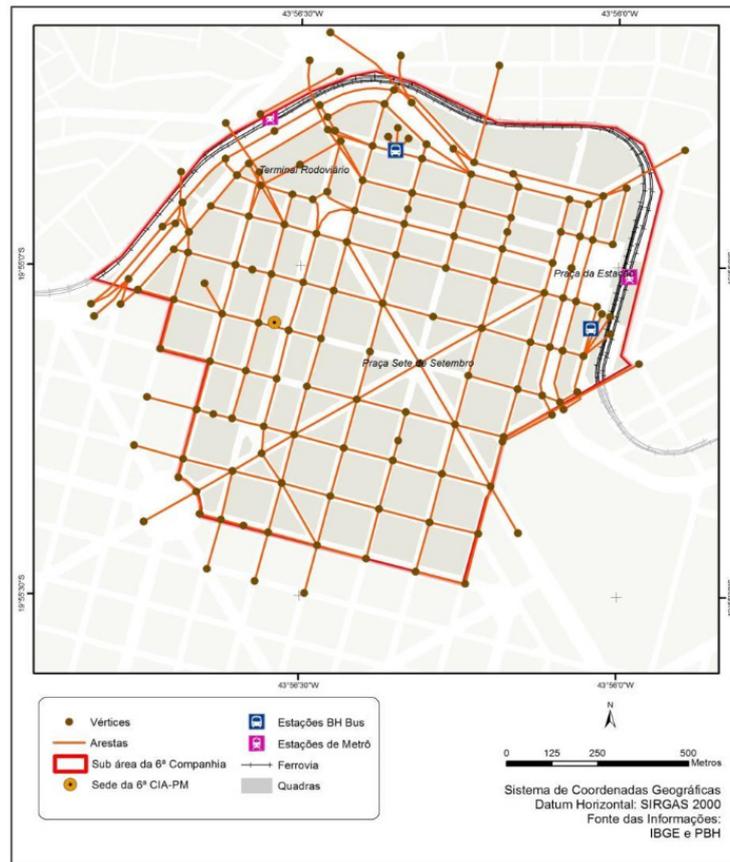


Figura 4: Mapa contendo Grafo modelado a partir da rede viária do hipercentro de Belo Horizonte.

Fonte:Elaborado pelos autores.

O cartograma acima mostra o grafo modelado a partir dos logradouros (arestas) e entroncamentos (vértices). Para o presente estudo foi atribuído como custo de cada aresta do grafo o grau de incidência de criminalidade da área por ela percorrida. As 10 classes do mapa de concentração de crimes foram agrupadas em cinco classes para a atribuição de custos (impedância) durante a modelagem do grafo.

Os custos de percorrimento do grafo foram atribuídos, em um primeiro momento, de forma a priorizar o deslocamento por áreas de menor incidência de crimes. A busca pelo caminho de menor custo refere-se a uma busca em profundidade e caminho mínimo, e pode referir-se ou não ao caminho mais curto (menor distância espacial). Neste trabalho referir-se-á não apenas a menor distância espacial, mas também o menor custo, o que no caso proposto, indica as áreas mais seguras a serem priorizadas pelos usuários das vias (pedestres).

Em seguida, o custo foi invertido no intuito de se identificar as áreas prioritárias ao patrulhamento (áreas de maior incidência de crimes) ou de instalação de facilidades (equipamentos destinados à prevenção criminal, câmeras de segurança, postos de observação e vigilância, etc.) e refere-se à solução de problemas de localização, também possíveis por meio do estudo de grafos, conforme já exposto.

Este artifício se fez necessário em função da própria arquitetura do

software, que busca otimizar a rota entre os pontos selecionados a partir do “caminho mínimo”, ou da menor impedância (distância espacial, ou de menor custo conforme “pesos” atribuídos às arestas).

Classe Densidade de crimes (ocorrências por km ²)	Peso atribuído (usuário da via)	Peso atribuído (policiamento)
156 a 500	1	5
500 a 750	1	5
750 a 1.000	2	4
1.000 a 1.250	2	4
1.250 a 1.500	3	3
1.500 a 1.750	3	3
1.750 a 2.000	4	2
2.000 a 2.500	4	2
2.500 a 3.000	5	1
3.000 a 3.500	5	1

Quadro 2: Custo atribuído às arestas do Grafo conforme densidade de crimes

Fonte: Elaborado pelos autores

Para cada uma das arestas foi atribuído o maior custo das áreas por ela percorrida. Ou seja, se uma aresta se estende por áreas com diferentes concentrações de ocorrências (diferentes pesos), o peso atribuído à aresta é o referente ao da área com maior densidade (maior custo), conforme exemplifica a figura a seguir.

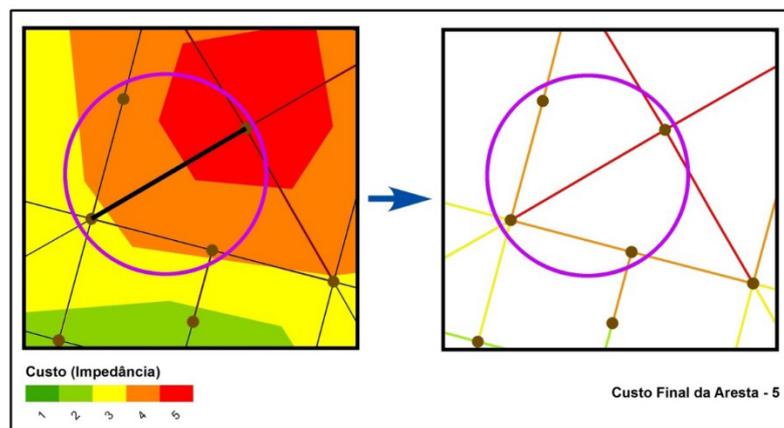


Figura 5: Exemplo da atribuição de custos às arestas, a partir da densidade de crimes no hipercentro de Belo Horizonte.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No exemplo, observa-se que a aresta em destaque (ao lado esquerdo) “corta” três áreas de densidades criminais distintas, com custos iguais a 3, 4 e 5. Conforme figura (à direita), a aresta do “grafo valorado” herdou o maior custo, ou seja, passou a ser uma aresta de custo 5.

Essa etapa permitiu a confecção de um “grafo valorado”, o qual permite a análise de caminhos mínimos, tanto de análise das rotas mais curtas quanto a de rotas

otimizadas para instalação de facilidades – no caso, que contemplem caminhos mais seguros ou de prioridade de instalação de policiamento (menos seguros).

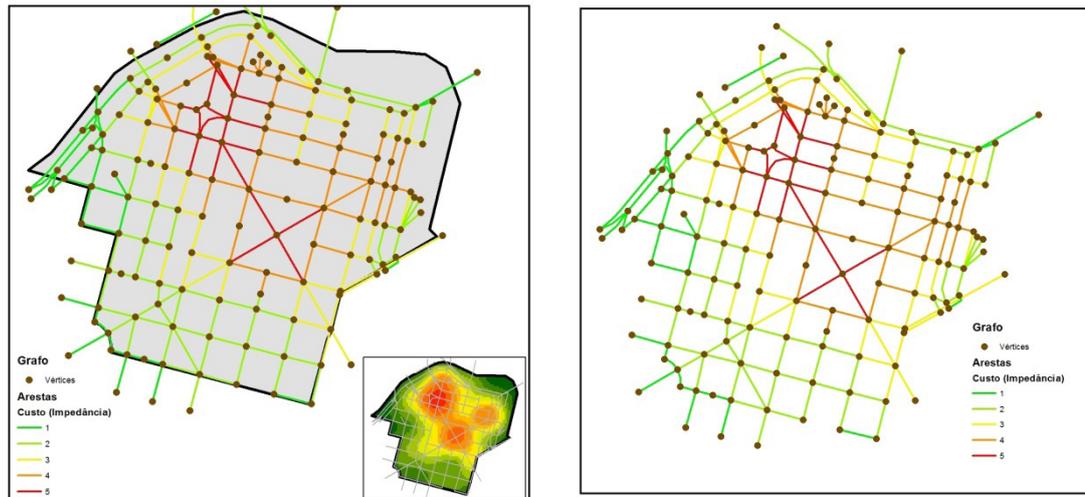


Figura 6: Representação da construção do “grafo valorado” a partir da densidade criminal.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A FIG. 6, conforme representação à direita, apresenta o grafo com os respectivos custos (impedâncias) de cada uma das arestas. As arestas de custo 1, representam os espaços de menor impedância ou de menor incidência (ou probabilidade) de crimes e, portanto, mais indicadas aos usuários da via (pedestres). As arestas com maior espessura representam os locais de maior impedância (maior custo) e representam onde ocorreram mais crimes no período analisado e, portanto, prioritárias à instalação de facilidades afetas à prevenção criminal (policiamento ostensivo geral).

A partir desses insumos foram propostas, a partir da análise de caminhos mínimos do conjunto de ferramentas de *Network Analyst* do Software *ArcGis* versão 10.0, que opera o algoritmo de Dijkstra, três rotas diferentes que passassem pelos mesmos pontos no hipercentro.

As três rotas levaram em consideração três situações distintas: o menor caminho (menor distância a ser percorrida), o caminho mais seguro (menor custo relativo à incidência criminal, ou menor impedância) e o caminho menos seguro (de maior custo relativo à incidência criminal; ou de menor custo, considerando os valores complementares àqueles do caminho mais seguro).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente discute-se o grafo modelado a partir da rede viária do hipercentro de Belo Horizonte, conforme já apresentado na FIG. 7.

O Grafo apresenta as seguintes características: o grafo é **conexo**, pois a partir de um vértice qualquer se alcança todos os demais vértices do grafo, é **cíclico**, pois

há um caminho fechado que passa por seus vértices, **valorado** quando suas arestas e/ou vértices estão relacionados a algum atributo, no caso as arestas foram valoradas pela incidência criminal.

O grafo modelado totalizou 253 arestas e 159 vértices. Após terem sido atribuídos os pesos das arestas, foram propostas duas abordagens:

- a. um caminho entre dois pontos localizados nos extremos norte e sul do hipercentro (subárea da 6ª Cia PM Esp) compreendendo o caminho mínimo com critérios apenas de distância espacial e um caminho mínimo incluindo também o custo relativo aos crimes;
- b. uma aplicação da teoria para otimizar uma rota para o policiamento com partida e retorno da sede da 6ª Cia PM Esp e que visitasse os pontos de maior incidência de criminalidade, sempre percorrendo as arestas de maior custo (áreas prioritárias ao policiamento).

A primeira das propostas buscou deixar a resolução do problema de roteamento o mais livre possível, diminuindo a influência dos autores sobre a escolha do caminho (com maior grau de liberdade possível), tendo sido definido apenas o ponto de partida e de chegada. Desta forma, foi possível verificar como o algoritmo de Dijkstra soluciona a otimização de rotas em um mesmo local a partir de três diferentes critérios. Os caminhos constam na figura a seguir:

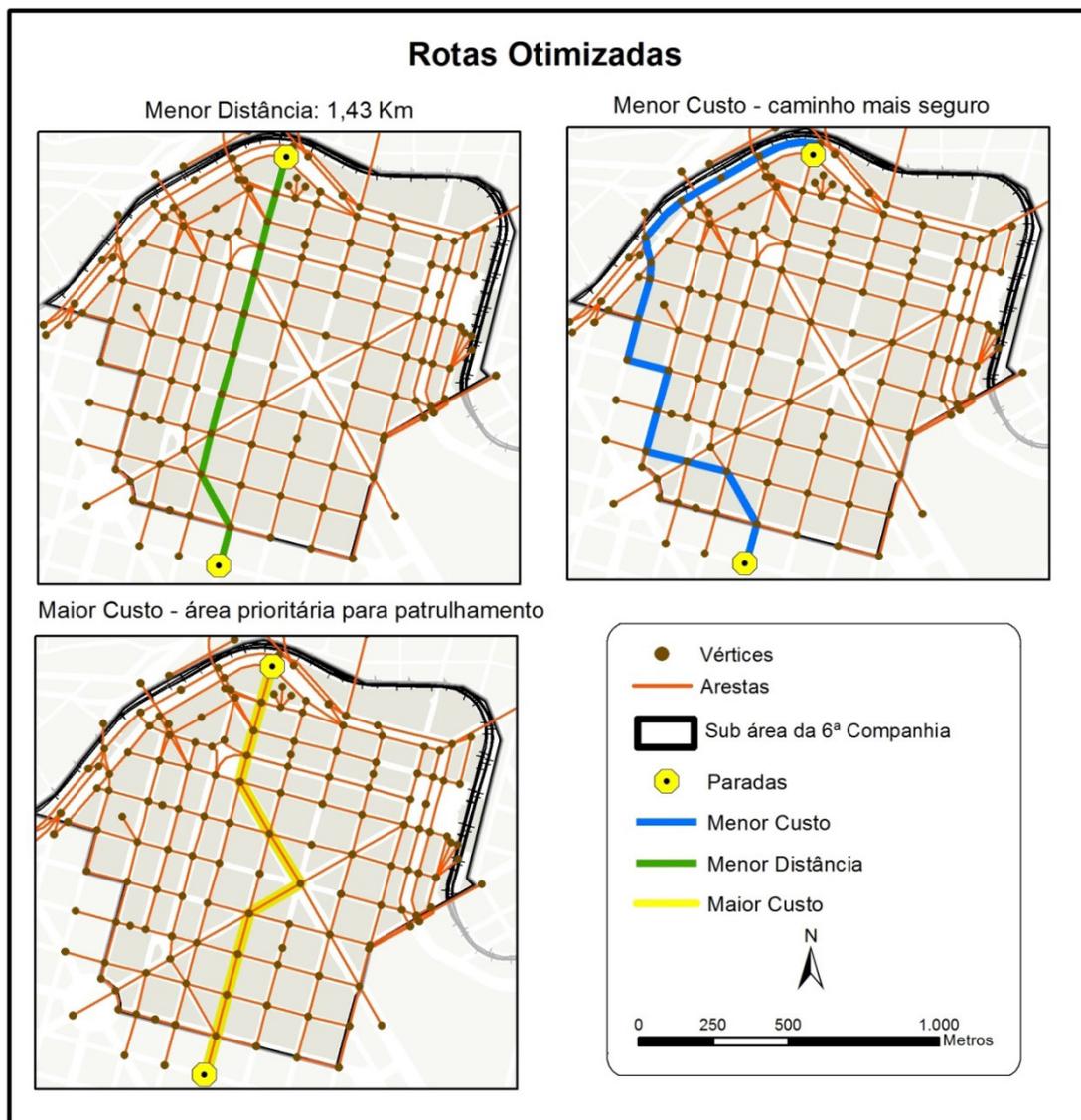


Figura 7: Representação da construção dos três tipos de percursos propostos pelo modelo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A FIG. 7 traz a comparação das três rotas proposta pelo algoritmo de Dijkstra. A primeira rota, assinalada pelo segmento de maior espessura, representa o caminho mais curto para o atravessamento do hipercentro no sentido norte-sul. Para este caminho a impedância foi considerada o próprio comprimento de cada uma das arestas. Desta forma, a geometria do grafo foi utilizada como critério de decisão na definição de percurso.

A segunda rota, segmento de linha e pontilhado em fundo cinza, mostra o caminho de menor custo. Para esta rota a impedância foi considerada o grau de incidência de crimes por km² em cada uma das áreas percorridas pelas arestas. Desta forma, a rota em azul indica o caminho “mais seguro”, ou de menor propensão à ocorrência de crimes para o atravessamento da mesma região percorrida anteriormente. Observa-se que, desta vez, a distância percorrida não é mais um critério de decisão. O caminho evitou as áreas centrais do grafo, marcadas pela maior incidência de crimes e, para chegar ao mesmo destino das demais, demandou o uso de um maior número de

arestas e, com isso, uma maior distância métrica percorrida.

A terceira rota, tracejado, representa o caminho de maior custo. Para esta rota foi utilizada a impedância complementar do caminho de menor custo (conforme QUADRO 2), de forma que às áreas de maior incidência de criminalidade foi atribuído um menor peso. O algoritmo buscou calcular uma rota que acumulasse o menor custo atribuído às arestas, o que significa, neste caso, uma maior incidência de criminalidade. Esta rota em muito se assemelha à rota de menor distância. Ressalta-se, entretanto, o desvio que a mesma faz em direção à área central do grafo, onde predominam altas concentrações de ocorrências criminais.

Por fim foi proposta a solução do problema geográfico de otimizar o caminho de patrulhamento, que permitisse a instalação de policiamento preventivo nos locais de maior necessidade, ou seja, que possuísse maior incidência de crimes, de maneira a atender o modelo territorial de execução da polícia ostensiva de prevenção criminal. Essa aplicação da teoria de grafos refere-se à localização de facilidades, no caso, afetas à segurança pública.

Para efeito de apresentação, o grafo contendo o caminho de policiamento (maior custo criminal), foi sobreposto ao mapa de densidade de crimes, de forma a demonstrar que a modelagem proposta corrobora com os dados pontuais e com a densidade de eventos.

A FIG. 9, apresenta a rota otimizada para o patrulhamento. As premissas para a elaboração do mesmo foram:

- a. a localização geográfica da sede do 6^a Cia PM Esp, a qual possui responsabilidade territorial do local, como sendo o ponto de partida e de retorno para o “patrulhamento policial”, seja ele realizado em qualquer modalidade (a pé, em viatura, etc.);
- b. obrigatoriedade de visitação aos pontos centrais de concentração da densidade de crimes violentos, de forma a passar pelas arestas com o maior curso (ruas com maior incidência de crimes violentos);

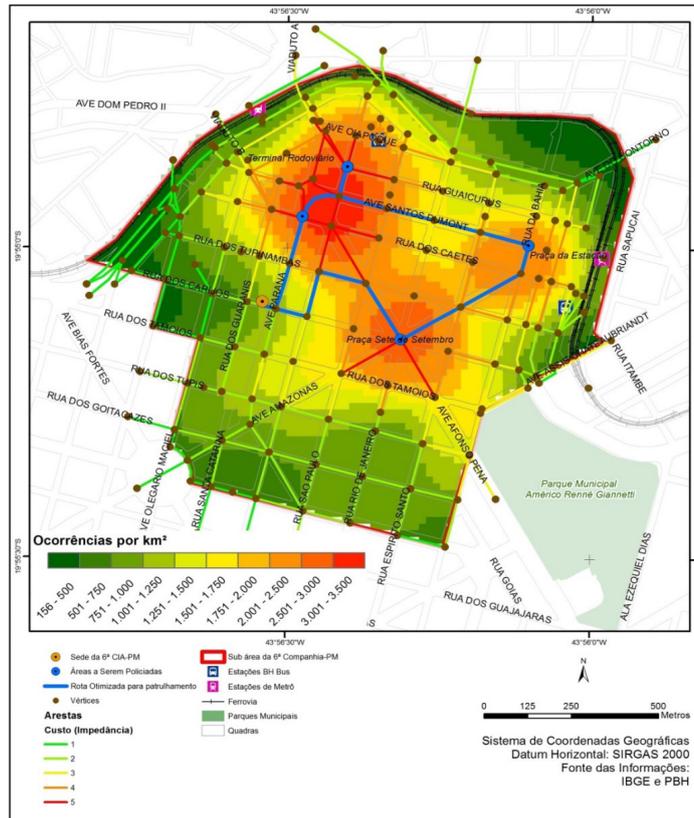


Figura 9: Representação da rota otimizada para o patrulhamento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O caminho do policiamento proposto pela utilização dos grafos em aplicação do algoritmo de Dijkstra apresentou uma possibilidade de obter-se o máximo de eficiência dos recursos empregados na segurança pública, o que permite cobrir áreas com maior necessidade com o mínimo de esforço.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido é uma exploração da Análise Espacial e da Teoria de Grafos na solução de problemas geográficos. Foram abordados aspectos teóricos acerca da teoria dos grafos e aplicáveis para a solução proposta e realizada a contextualização sobre emprego no planejamento correlato à segurança pública, em especial da prevenção criminal. Foram empregadas duas técnicas de análise espacial, sendo a de estatística espacial para estimação de densidade, a função de densidade de Kernel. A estimação de densidade de Kernel é uma técnica que procura fornecer uma estimativa suavizada da densidade de probabilidade por unidade de área. De maneira geral, o uso do grafo se mostrou muito eficiente, tanto na resolução de problemas envolvendo rotas livres entre dois pontos quaisquer, quanto na elaboração de rotas otimizadas a partir de critérios pré-definidos por usuários. O modelo, ainda incipiente, apresentou-se útil na medida em que permite sua sofisticação a partir da atualização de dados, modelagem de outros aspectos

do grafo (tempo de percurso por cada via), informações de trânsito e outras.

REFERÊNCIAS

BARROSO, M. M. A. Operações elementares em grafos e aplicações. In: Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 7, 2007. **Anais VII ERMAC**. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2007.

BARROSO, M. M. A.. Conjunto dominante: uma ferramenta para tratamento de dados espaciais. In: **Aula Magna**, Belo Horizonte, v. 7, n. 6, p. 68-75. 2001

BARROSO, M. M. A. A matemática na limpeza urbana: trajeto ótimo do caminhão de lixo. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 21, 1998. **Anais do XXI CNMAC 98**. Caxambu: Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional, 1998.

BEATO, C.; SILVA, B. F. A.; TAVARES, R.. Crime e Estratégias de Policiamento em Espaços Urbanos. **Dados**. Revista de Ciências Sociais, Rio de Janeiro, V. 51, n. 3, p. 687 a 717, 2008.

BOAVENTURA NETTO, P.; JURKIEWICZ, S.. **Grafos**: introdução e prática. São Paulo: Blucher, 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

CMBH. Câmara Municipal de Belo Horizonte. **Lei nº 7.166, de 27 de agosto de 1996**. Belo Horizonte: CMBH, 1996.

DINIZ, A. M. A.; BATELLA, W. B. Abordagens espaciais no estudo da criminalidade violenta nas cidades médias mineiras. In: Simpósio Internacional sobre Cidades Médias, Uberlândia. **Anais**, Uberlândia, p. 1-13, 2006.

LIMA, M. C. P. B.; BARROSO, L. C.; ABREU, J. F.. 2012. Explorando a Teoria de Grafos no Tratamento de Problemas Geográficos. **Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática**. v. 9, n. 2.p. 1-6, 2012.

MINAS GERAIS. Polícia Militar de Minas Gerais. Diretriz para Produção de Serviços de Segurança Pública Nº 3.01.01/2010. **Diretriz Geral para Emprego Operacional da PMMG**. Belo Horizonte: Comando-Geral, 3ª Seção do Estado-Maior da PMMG, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análise Espacial 78
Arranjo Produtivo Local 98, 100

D

Desenvolvimento Sustentável 118, 352
Direito à Cidade 138, 252, 257

E

Economia Compartilhada 271, 287
Expansão Urbana 131, 137

H

Habitação de Interesse Social 152, 171, 193, 235, 236, 244, 245

I

Inclusão Territorial 246
Indústria Automobilística 98, 99, 101, 103, 104, 108
Infraestrutura Verde 350

M

Mercado Imobiliário 152, 271, 290, 294, 306, 315

N

Norma de Desempenho 171, 175, 189, 190, 191

P

Parques Urbanos 327, 328, 330, 335, 337
Patrimônio Cultural 125, 379
Percepção dos Usuários 212
Planejamento Urbano e Regional 2, 5, 3, 203, 326, 330, 348, 349, 366
Políticas de Planejamento Territorial 1
Políticas Públicas 110, 193, 352, 363, 364
Programa Minha Casa Minha Vida 139, 140, 141, 143, 144, 146, 150, 151, 193, 196, 233, 236, 241, 244

Q

Qualidade de Vida 212

R

Redes de Transporte 366

Rede Urbana 80

Regularização Fundiária 223, 231, 246

S

Segurança Pública 79

Sustentabilidade 174, 192, 193, 348, 351

Z

Zonas Especiais de Interesse Social 232, 233, 245

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-558-7

