



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**REDES COMPLEXAS DE BASE TERRITORIALIZADA PARA O
ESTUDO DA MOBILIDADE URBANA NO CONTEXTO DA COVID-
19 NA RMVPLN – REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO
PARAÍBA E LITORAL NORTE**

Leticia da Silva Cabral

Relatório final de iniciação científica do programa PIBIC, orientada pelo Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro e coorientada pelo Dr. Leonardo Bacelar Lima Santos.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**REDES COMPLEXAS DE BASE TERRITORIALIZADA PARA O
ESTUDO DA MOBILIDADE URBANA NO CONTEXTO DA COVID-
19 NA RMVPLN – REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO
PARAÍBA E LITORAL NORTE**

Leticia da Silva Cabral

Relatório final de iniciação científica do programa PIBIC, orientada pelo Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro e coorientada pelo Dr. Leonardo Bacelar Lima Santos.

INPE
São José dos Campos
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a bolsa ao programa PIBIC no INPE, os códigos dos (geo)grafos a Cátia Nascimento, as matrizes Origem-Destino a Bruna Pizzol, os dados de arruamento da RMVPLN a Susana Arruda e a Tathiana Anazawa e a ajuda com a execução do código aberto GIS4Graph a Aurelienne Jorge.

RESUMO

Atualmente, enfrenta-se uma pandemia que tem na mobilidade fator importante para o alastramento da COVID-19. Uma vez que as fronteiras são facilmente cruzadas por pessoas que, eventualmente, carregam consigo vírus com potencial pandêmico, faz-se necessário analisar os deslocamentos entre as regiões, estabelecendo índices que avaliem essa conectividade. Redes complexas são usadas para descrever situações e relações. Neste estudo, avaliou-se a mobilidade da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), que é composta por 39 municípios conectados entre si e com outros municípios, mantendo um intenso fluxo na região por diferentes modos e motivos de deslocamento. Visando entender o impacto dessa mobilidade no espalhamento do coronavírus, elaborou-se mapas da região, utilizando o conceito de (geo)grafos e dados da semana epidemiológica do primeiro caso de cada município. Os (geo)grafos são grafos com vértices de localização geográfica conhecida ligados por arestas representando a dependência espacial entre eles que, no caso deste estudo, é dada pelo fluxo entre os municípios. Para os diferentes mapas, utilizou-se diferentes métricas na avaliação da conectividade e do fluxo da região, relacionando-os com a rapidez da ocorrência do primeiro caso de cada cidade. Além da análise da rede de mobilidade (fluxo/social), iniciou-se a elaboração de mapas da rede de transporte da região (infraestrutura física/vias), observando o comportamento das vias em diferentes escalas e seu impacto dentro da rede. Esta última análise terá continuidade e aprofundamento no próximo ano de pesquisa com a renovação da bolsa.

Palavras-chave: (Geo)grafos. Redes complexas. Geoinformação.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - (geo)grafo genérico.....	3
Figura 2 - Esquema das etapas da produção dos mapas	4
Figura 2 - Região de estudo.....	5
Figura 4 - 39 municípios que compõem a RMVPLN.....	6
Figura 5 - centroides da região de estudo	6
Figura 6 - <i>shapefile</i> de nós e arestas	7
Figura 7 - primeiro caso dos municípios da RMVPLN	10
Figura 8 – principais rodovias da RMVPLN.....	11
Figura 9 – semana epidemiológica e centralidade de grau	12
Figura 10 – semana epidemiológica e intermediação.....	13
Figura 11 – semana epidemiológica e fluxo intermunicipal	14
Figura 12 – arruamento de SJC: centralidade de grau e centralidade de grau	15
Figura 13 – arruamento de SJC: centralidade de grau e vulnerabilidade	16
Figura 14 – fluxo total por zona de tráfego da cidade de SP	17

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
OMS	Organização Mundial da Saúde
RMVPLN	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SJC	São José dos Campos

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 DESENVOLVIMENTO	3
2.1 Metodologia	3
2.2 Discussão dos resultados	9
3 CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXO A – TUTORIAIS	25

1 INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da saúde declarou pandemia do vírus SARS-COV-II em 11 de março de 2020. Quase dois meses depois, em 30 de abril de 2020 o chamado novo coronavírus, causador da doença COVID-19, já havia sido identificado em 180 países. Em 26 de fevereiro de 2020, o Ministério da Saúde confirmou o primeiro caso da doença no Brasil e atualmente, em agosto de 2021, contabiliza-se mais de 200 milhões de casos e 4 milhões de mortes no mundo por COVID-19 ([SANARMED,2021](#)).

A disseminação acelerada do vírus foi acentuada pela facilidade com que as pessoas cruzam fronteiras no mundo globalizado em que se vive. Os países, estados e cidades ao redor do mundo estão fortemente conectados através de diferentes modais de transporte, facilitando a dispersão de doenças contagiosas de forma acelerada e descontrolada. Por isso, faz-se necessário entender os fenômenos de mobilidade e adotar medidas de controle para contenção do fluxo de pessoas, fazendo com que a rede de transmissão seja interrompida ([FREITAS, MOREIRA E SANTOS, 2020](#)).

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN) é composta por 39 municípios bem conectados e divididos em cinco sub-regiões. Contendo uma população de aproximadamente 2,5 milhões de pessoas ([EMPLASA, 2016](#)), a região possui grande conexão com rodovias estaduais e federais, aeroporto e universidades, fatores que influenciam no deslocamento de pessoa para a região e que acabam por influenciar na disseminação da COVID-19 ([PERES, 2020](#)). Além disso, existe o movimento pendular que ocorre da residência ao trabalho e pode ocorrer de forma intermunicipal, sendo de grande importância no estudo do deslocamento de pessoas ([JARDIM, 2011](#)).

Há forte interação social entre as cidades da RMVPLN com a rede urbana do estado de São Paulo, com a capital e outras cidades como Campinas, que atualmente é considerada umas das 15 metrópoles do Brasil ([IBGE, 2020](#)).

Trabalhos recentes da literatura demonstram que existem padrões entre a mobilidade e a propagação da COVID-19. É possível notar que o modelo de

difusão da doença no estado de São Paulo ocorreu das cidades maiores para as menores, caracterizando um efeito cascata em que, de forma hierárquica, a propagação caminhou das grandes metrópoles até as capitais regionais e outras cidades do interior paulista ([FORTALEZA et. al, 2020](#)). Em [Freitas et. al \(2020\)](#), índices topológicos são utilizados para representar sua relação com a disseminação da doença.

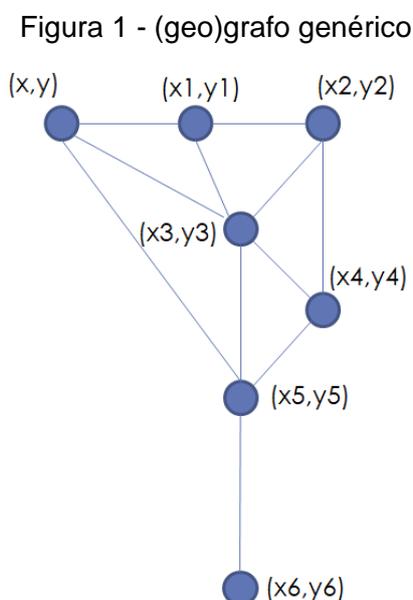
Os grafos da matemática possuem diversas aplicações ([BOAVENTURA, 2012](#)). Redes complexas são um tipo de grafo com propriedades topológicas. O uso de redes complexas no estudo da mobilidade proporciona análises de índices importantes para o entendimento da dinâmica local. Os (geo)grafos ([SANTOS et al., 2017](#)) são definidos como grafos compostos por vértices de localização geográfica conhecida e arestas que ligam pares de nós e representam sua dependência espacial¹.

¹ [...] the concept of (geo)graphs: graphs in which the nodes have a known geographical location and the edges have spatial dependence.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Na primeira etapa da pesquisa, revisou-se os tutoriais que haviam sido elaborados pela autora no projeto de iniciação científica anterior. Estes três tutoriais contemplam a metodologia para elaboração, análise e uso dos (geo)grafos respectivamente, exemplificando como executar dois códigos na plataforma *Google Colaboratory* na linguagem *Python*, previamente escritos e cedidos² a este estudo. Além disso, demonstra-se como preparar os dados de entrada, fazer o download dos dados de saída, visualização das etapas de execução e aplicações gerais dos dados obtidos. Os links para acesso aos tutoriais podem ser encontrados no [Anexo A](#) deste relatório.



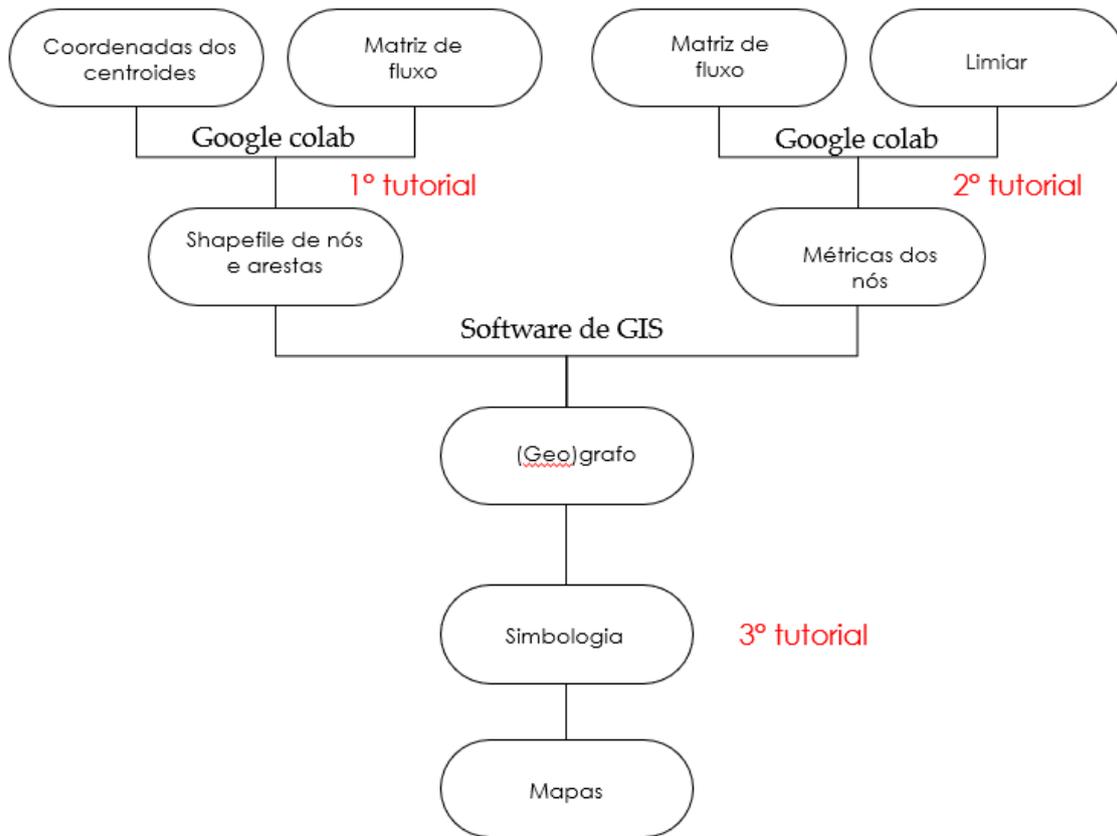
Fonte: produção da autora

O esquema a seguir demonstra o passo a passo para a elaboração dos mapas, bem como quais etapas são contempladas em cada tutorial mencionado. Para a execução dos códigos, é necessário a preparação dos dados de entrada, sendo

² Cedidos à este estudo por Cátia Souza do Nascimento Spetauskas.

eles: as coordenadas dos centroides da região de estudo e a matriz de fluxo para o primeiro código e a matriz de fluxo e o limiar para o segundo código.

Figura 2 - Esquema das etapas da produção dos mapas



Fonte: produção da autora

Utilizando os *shapefiles* dos municípios, obtidos através da base de dados do IBGE, e utilizando um *software* de SIG, extraiu-se os centroides da região de estudo e calculou-se suas respectivas coordenadas. Além da longitude e latitude dos centroides extraídos, usou-se como dado de entrada do primeiro código uma matriz de fluxo, preparada a partir das matrizes Origem-Destino geradas e cedidas à esse estudo³. Essa matriz continha dados de deslocamento pelo modo individual e pelo motivo trabalho da RMVPLN conectada entre si e também com

³ Por Bruna Pizzol - LabGeo/Eng. Transportes da Poli-USP utilizando a Pesquisa OD da RMVPLN de 2014 da Secretaria dos Transportes Metropolitanos de SP.

os municípios de Belo Horizonte, Campinas, Rio de Janeiro e São Paulo. Como dado de entrada do segundo código, utilizou-se a mesma matriz de fluxo e um arquivo com o limiar, que para este estudo foi definido como um, ou seja, arestas com fluxo maior ou igual a um são fortes o suficiente para aparecer no (geo)grafo.

Figura 2 - Região de estudo



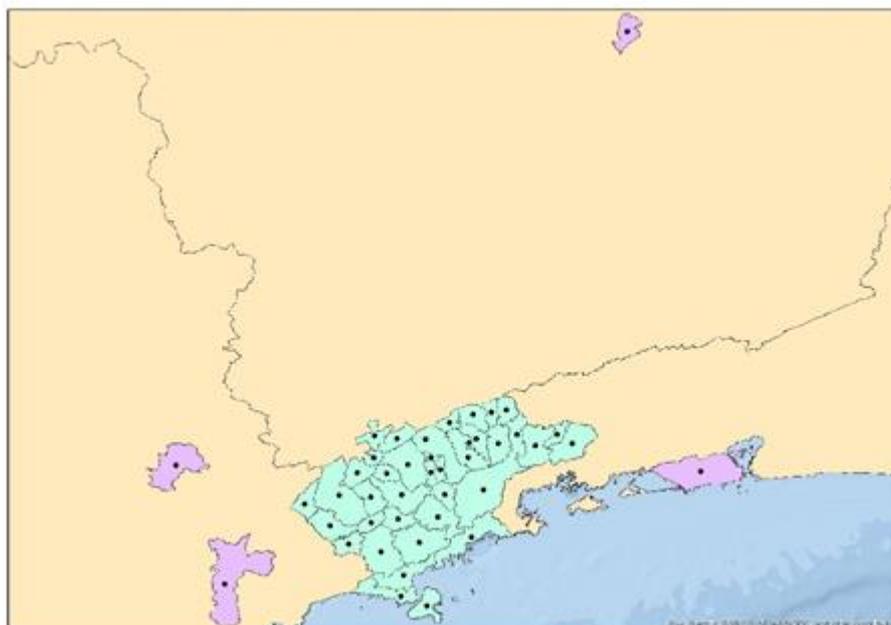
Fonte: produção da autora

Figura 4 - 39 municípios que compõem a RMVPLN



Fonte: produção da autora

Figura 5 - centroides da região de estudo

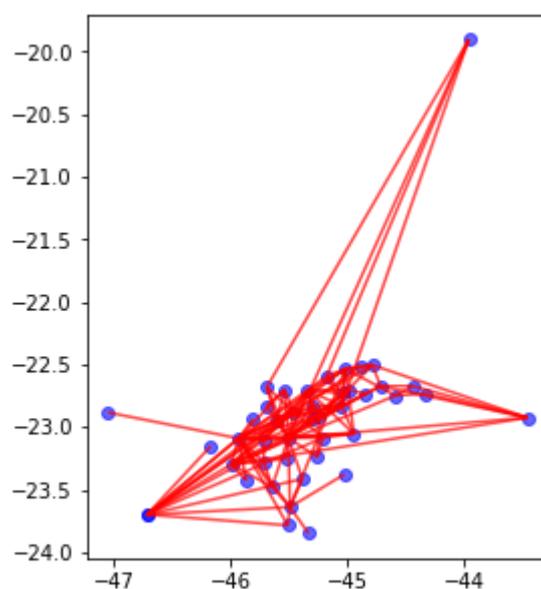


Fonte: produção da autora

Durante o pré-processamento da matriz, removeu-se as linhas e colunas com dados de 'outros municípios', pois estes não tinham localização espacial definida, sendo não condizentes com as definições de um (geo)grafo. Na execução do código, a matriz foi simetrizada pela soma dos valores acima e abaixo da diagonal principal, a fim de obter o fluxo total do par de ligação, seja o município origem ou destino do deslocamento.

A partir dos dados de saída obtidos com a execução dos códigos, que continham as métricas dos nós e o *shapefile* com os nós e arestas do (geo)grafo, elaborou-se três mapas da RMVPLN utilizando diferentes índices, sendo eles a centralidade de grau (*degree*), intermediação (*betweenness*) e o peso das arestas. Os dois primeiros são dados pelas métricas dos nós e o último é fornecido pela tabela de atributos das arestas.

Figura 6 - *shapefile* de nós e arestas



Fonte: produção da autora

A segunda etapa deu-se por elaborar mapas com a representação da ocorrência do primeiro caso de cada município de acordo com a semana epidemiológica. Para isso, utilizou-se dados baixados do site do Wesley Cota⁴ contendo os casos de cada município. Ao filtrar apenas o primeiro caso de cada um e utilizar a semana epidemiológica da ocorrência como atributo da simbologia, foi possível aplicar uma escala de cor e representar os municípios que tiveram o primeiro caso primeiro em vermelho e os que tiveram o primeiro caso por último em verde claro gradativamente. Além disso, adicionou-se as rodovias estaduais e federais que cruzam a região, a fim de avaliar a conectividade dos municípios.

Outra parte desse estudo, foi a análise das vias do município de São José dos Campos como uma rede. Usando dados do arruamento da RMVPLN no formato *shapefile*, obtidos pelo processamento de dados do OpenStreetMap⁵ (OSM), executou-se um código na linguagem Python chamado GIS4Graph⁶. Para o dado de entrada, recortou-se apenas as vias do município de São José dos Campos usando um *software* de SIG. O dado de saída obtido estava no formato *shapefile*, contendo o arruamento da cidade como uma rede, em que cada via representava um nó e possuía suas respectivas métricas. A partir disso, foi possível analisar a centralidade de grau e a vulnerabilidade dessas vias dentro da rede, usando-as como atributos na simbologia.

Por fim, dados⁷ de mobilidade multimodal das 342 zonas de tráfego do município de São Paulo foram avaliados. Os dados da pesquisa Origem-Destino estavam organizados em seis matrizes. A primeira contém os dados de deslocamento por modo coletivo, como ônibus, metrô, transporte escolar e fretado. Na segunda, tem-se os dados de transporte por modo individual, como passageiro ou motorista de veículo particular, táxi, bicicleta, passageiro ou motorista de motocicleta. A terceira matriz OD contém os dados das viagens feitas a pé. A

⁴ Disponível em: <https://covid19br.wcota.me/>

⁵ Gerados e cedidos à este estudo por Susana Arruda e Tathiane Anazawa

⁶ Disponível em: <https://github.com/aurelienne/gis4graph>

⁷ Pesquisa Origem-Destino 2017, disponibilizada pelo Metrô-SP.

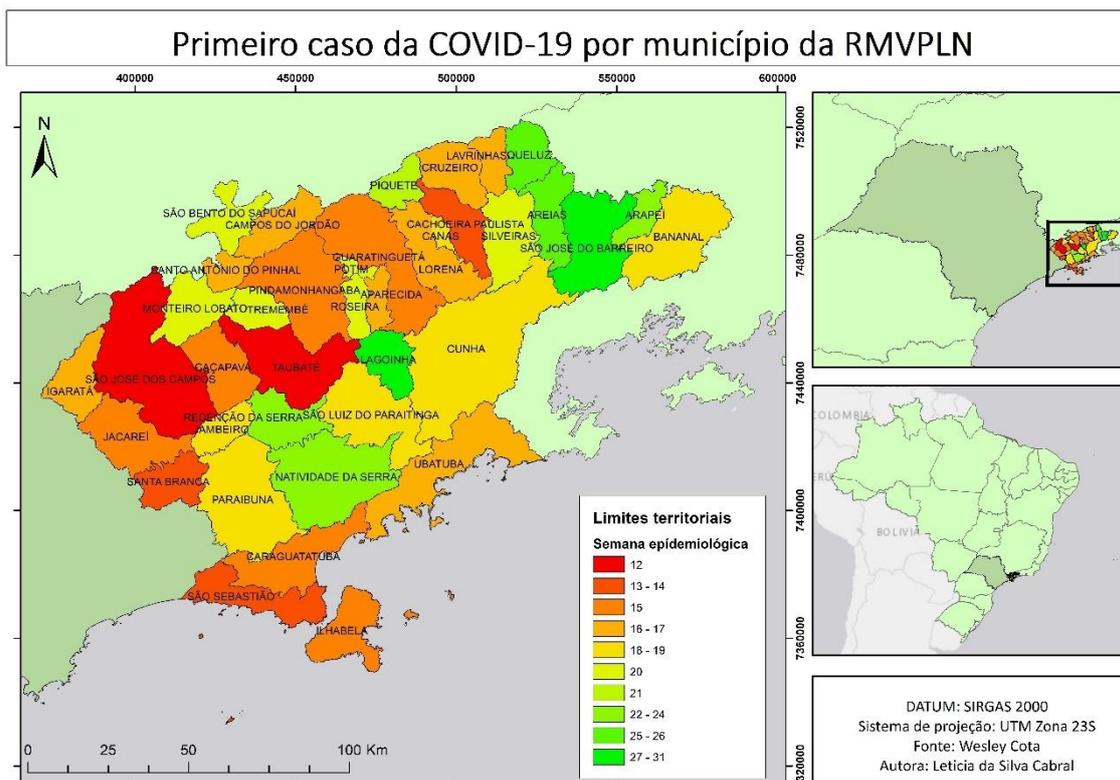
quarta contém o deslocamento por modo motorizado tanto coletivo quanto individual. Na quinta estão dispostos os dados do deslocamento não motorizado, ou seja, apenas de bicicleta ou a pé. Por fim, na última matriz OD, está o deslocamento total, independente do modo, por zona separada como origem ou destino.

Utilizou-se a última matriz para calcular o fluxo total por zona do município de São Paulo. Para tal cálculo, somou-se o total da linha com o total da coluna de cada zona de tráfego da matriz, subtraindo-se o elemento da diagonal principal, para que ele não fosse somado duas vezes.

2.2 Discussão dos resultados

A partir da representação do primeiro caso de cada município de acordo com a semana epidemiológica de sua ocorrência, é possível notar que Taubaté e São José dos Campos foram os primeiros municípios a terem seu primeiro caso de COVID-19, registrados na semana epidemiológica 12, seguidos dos municípios representados em laranja escuro e laranja médio. É possível notar também que alguns municípios demoraram para ter o primeiro caso, como Lagoinha, Queluz, Areias e São José do Barreiro.

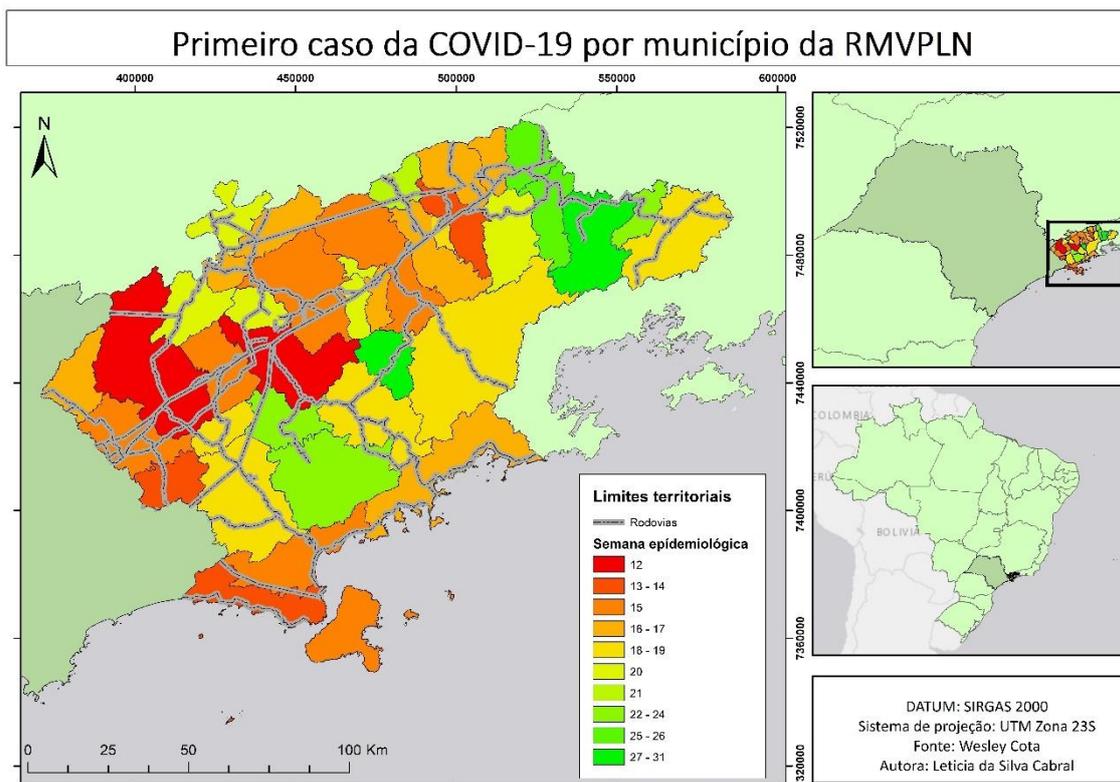
Figura 7 - primeiro caso dos municípios da RMVPLN



Fonte: produção da autora

Mesmo com a proximidade geográfica aos municípios de São José dos Campos e Taubaté, alguns municípios só foram ter o primeiro caso mais de 15 semanas depois, como foi o caso de Lagoinha, que teve seu primeiro caso na semana epidemiológica 30. A partir da visualização das rodovias da região, nota-se que os municípios estão conectados, sendo que nenhum deles fica isolado ou não é cortado por alguma rodovia estadual ou federal, como pode-se observar na figura 8. Sendo assim, levanta-se a hipótese de que a mobilidade foi um dos fatores que levaram a esse intervalo grade de tempo entre a primeira ocorrência dos municípios, uma vez que apenas a conexão física (rodovias) não é suficiente para que o espalhamento ocorra, necessitando de um fluxo de pessoas contaminadas.

Figura 8 – principais rodovias da RMVPLN



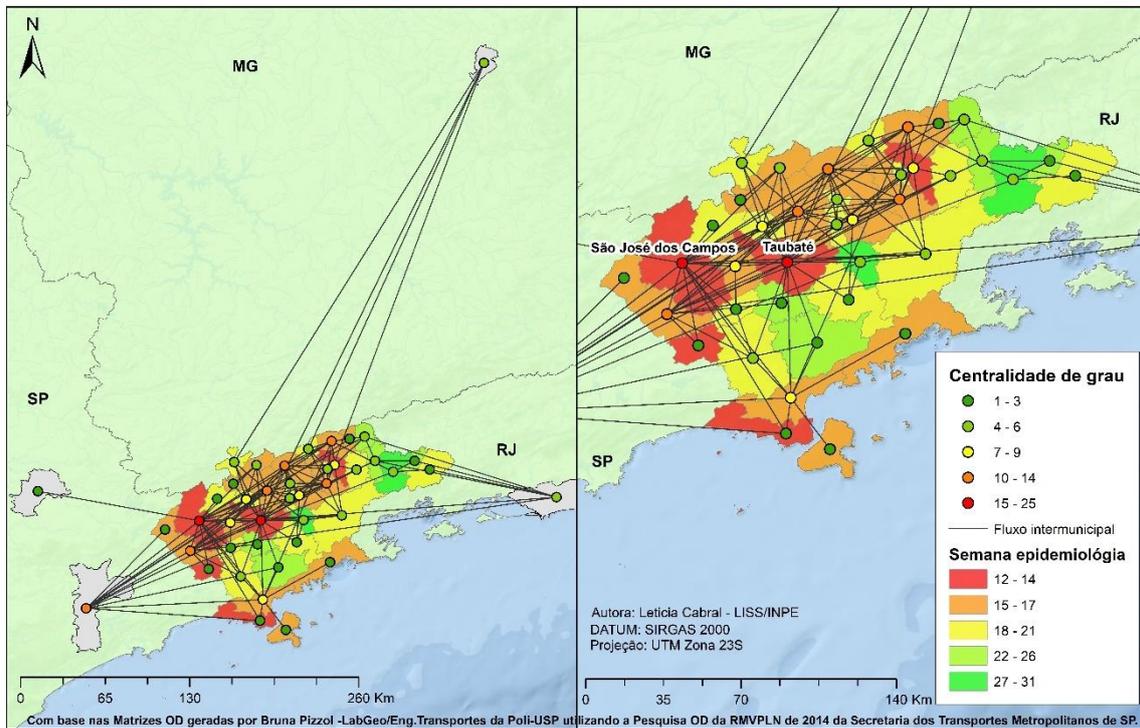
Fonte: produção da autora

Fazendo a união desse mapa com o (geo)grafo, foi possível analisar a influência da rede de mobilidade. Assim, os nós representam os centroides dos municípios e as arestas, que ligam dois nós diferentes, representam o fluxo intermunicipal entre eles. Para isso, fez-se o uso de três indicadores na simbologia, sendo eles o a centralidade de grau (*degree*), a intermediação (*betweenness*) e o peso (fluxo) das arestas (*weight*).

A centralidade de grau (*degree*) é dada pelas métricas dos nós e com ela é possível visualizar o número de conexões dos vértices do (geo)grafo, ou seja, com quantos municípios diferentes um determinado município se conecta. A intermediação (*betweenness*) indica quão central é um nó dentro da rede, ou seja, quanto um município atua como intermédio no menor caminho entre dois outros municípios. E, por fim, o peso das arestas (*weight*) representa a intensidade do fluxo entre os municípios. Em todos os três casos, aplicou-se uma escala de cor na simbologia, representando os maiores índices em vermelho e os menores em verde gradativamente.

Figura 9 – semana epidemiológica e centralidade de grau

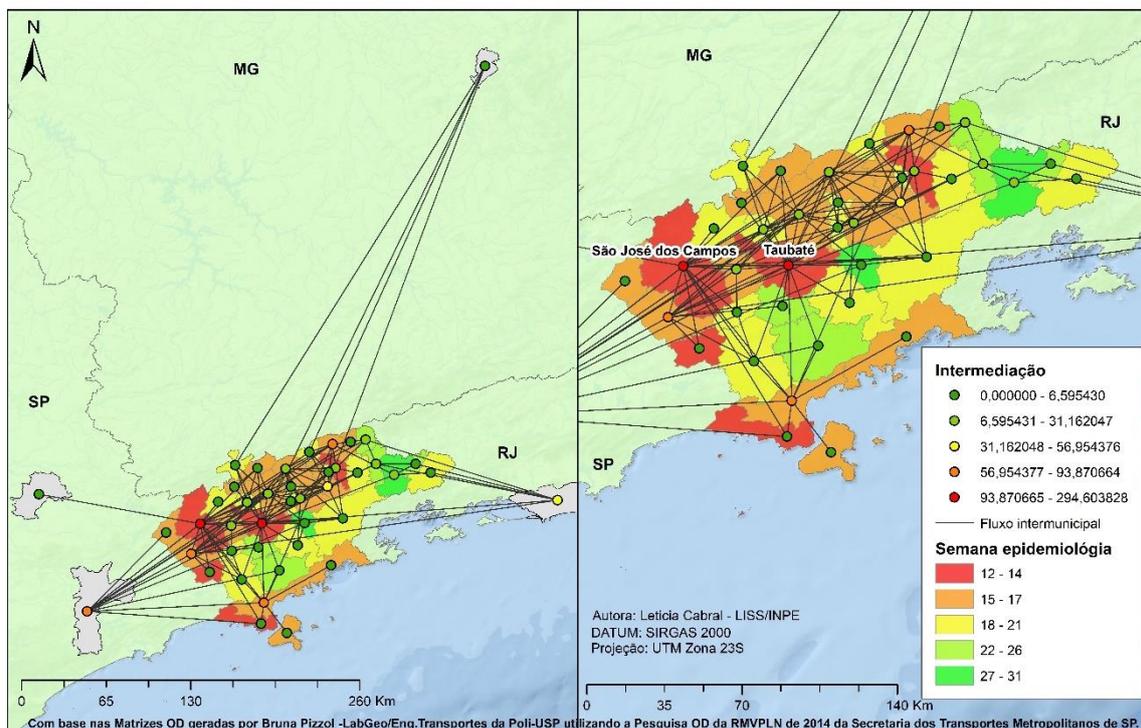
Modo de deslocamento: **Individual** - Motivo do deslocamento: **Trabalho**, RMVPLN



Fonte: produção da autora

Figura 10 – semana epidemiológica e intermediação

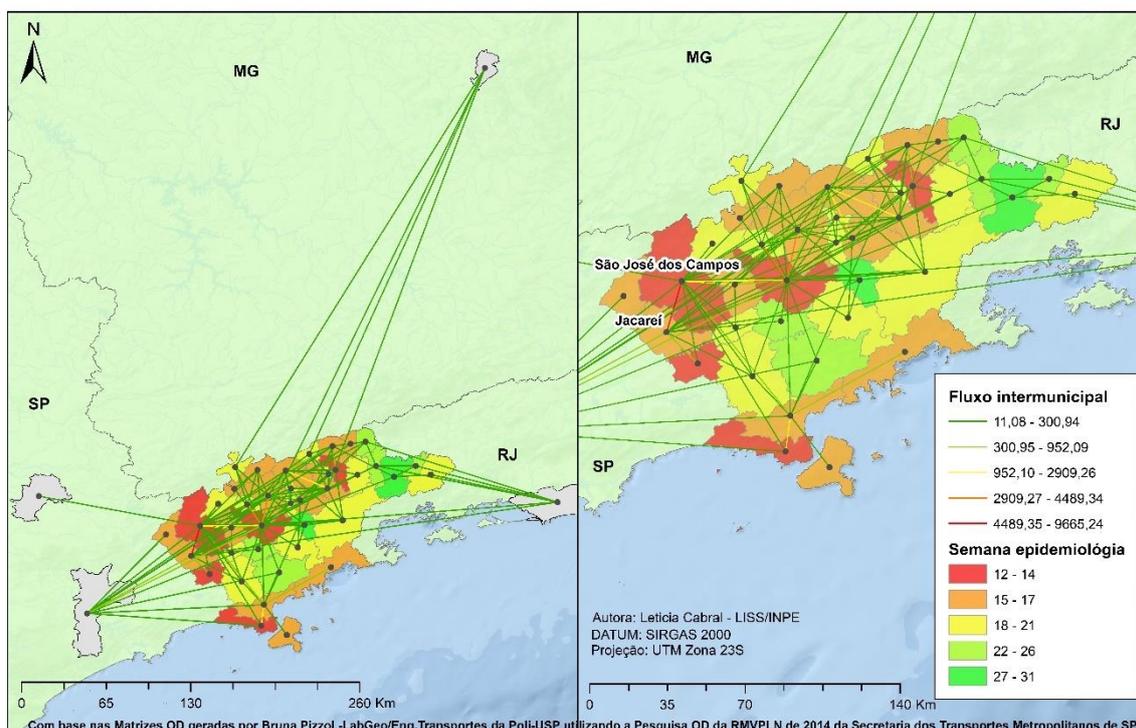
Modo de deslocamento: **Individual** - Motivo do deslocamento: **Trabalho**, RMVPLN



Fonte: produção da autora

Figura 11 – semana epidemiológica e fluxo intermunicipal

Modo de deslocamento: **Individual** - Motivo do deslocamento: **Trabalho**, RMVPLN



Fonte: produção da autora

A mobilidade entre os municípios da RMVPLN é bastante intensa. Nota-se que os municípios de São José dos Campos e Taubaté, que foram os primeiros municípios da região a registrar o primeiro caso, tem os maiores índices de centralidade de grau e intermediação da rede. Além disso, o maior fluxo ocorre entre SJC e Jacareí, seguido do número de viagens entre o município de Taubaté e Tremembé, Pindamonhangaba e São José dos Campos.

Ou seja, os municípios com os maiores índices de mobilidade avaliados neste trabalho, foram os que primeiro registraram a sua primeira ocorrência de COVID-19.

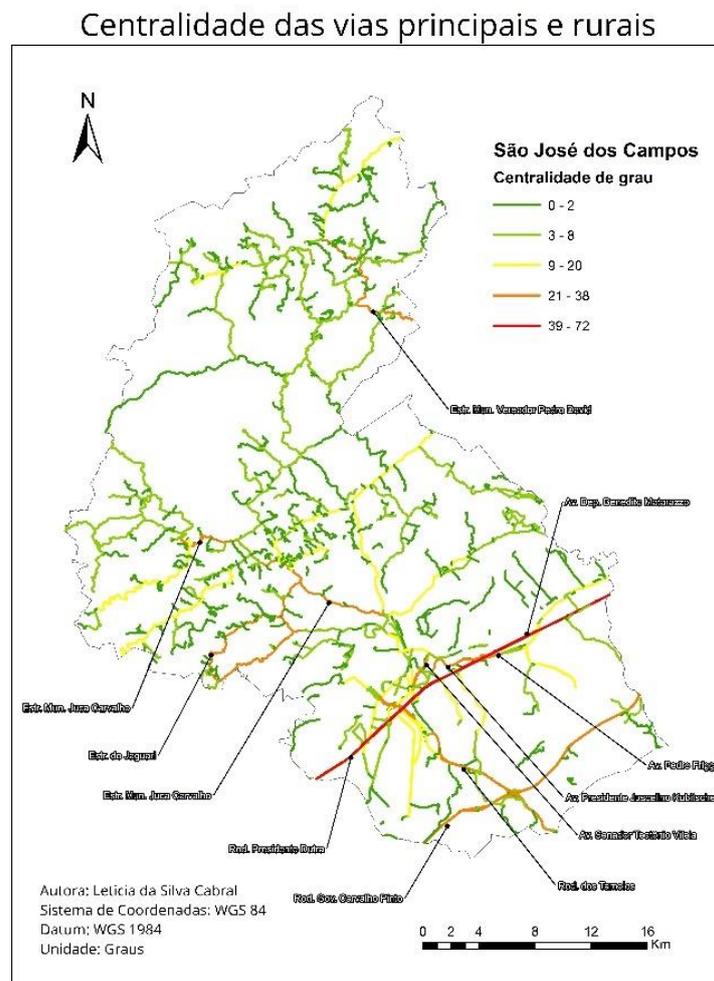
Além da análise da rede de mobilidade com a elaboração dos (geo)grafos, analisou a rede de transporte, ou seja, as vias da região. Para um primeiro estudo, optou-se por analisar as vias do município de São José dos Campos utilizando dois indicadores: a centralidade de grau e a vulnerabilidade.

A centralidade de grau indica a quantas vias diferentes uma determinada via está conectada e é importante para entender sua conectividade dentro da rede. Já a vulnerabilidade calcula o impacto que a retirada de uma via causa na rede. Em ambos os mapas, foram rotuladas as vias com maiores índices.

Sendo assim, as vias representadas em vermelho no primeiro mapa são as que tem maior número de conexões e, no segundo mapa, são as que mais causam impacto dentro da rede caso sejam interditadas.

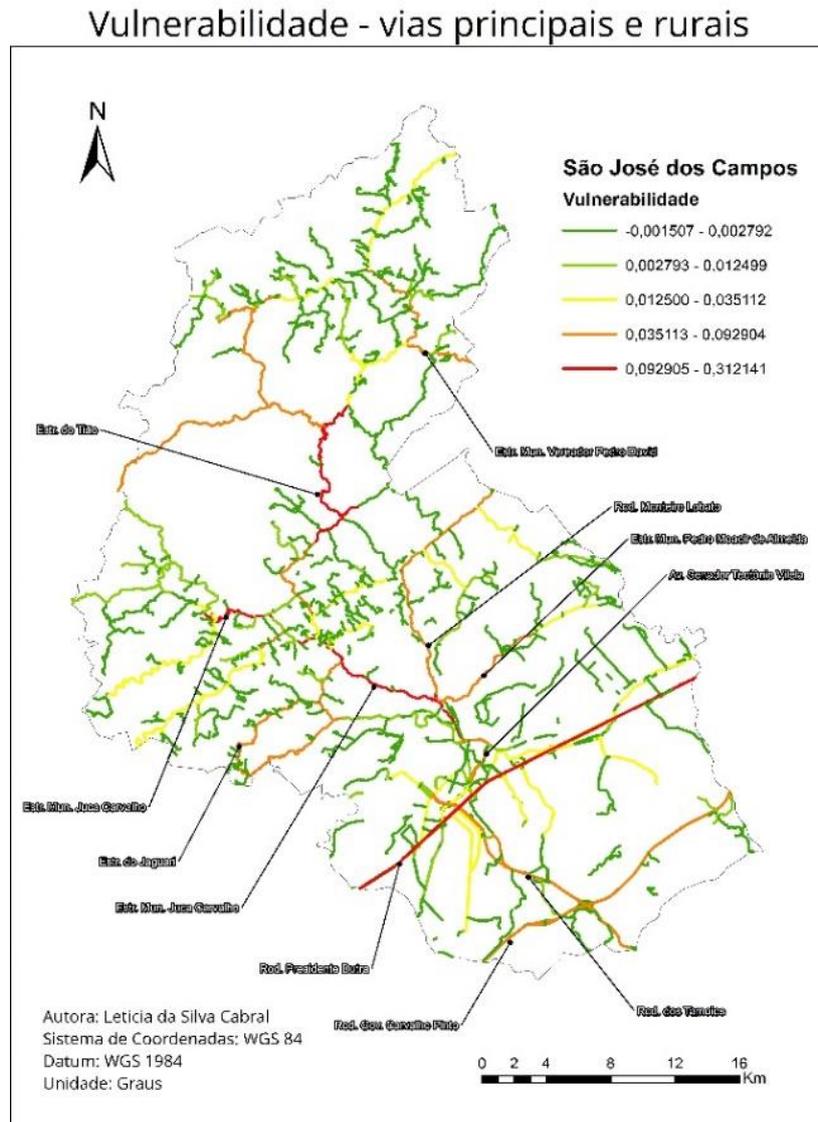
Para o próximo ano de estudo, caso haja renovação da bolsa, pretende-se avaliar esses parâmetros para todos os 39 municípios da RMVPLN, bem como avaliar o comportamento dessas vias em diferentes escalas, ou seja, isoladamente dentro dos municípios e conectadas com as vias da região toda.

Figura 12 – arruamento de SJC: centralidade de grau e centralidade de grau



Fonte: produção da autora

Figura 13 – arruamento de SJC: centralidade de grau e vulnerabilidade

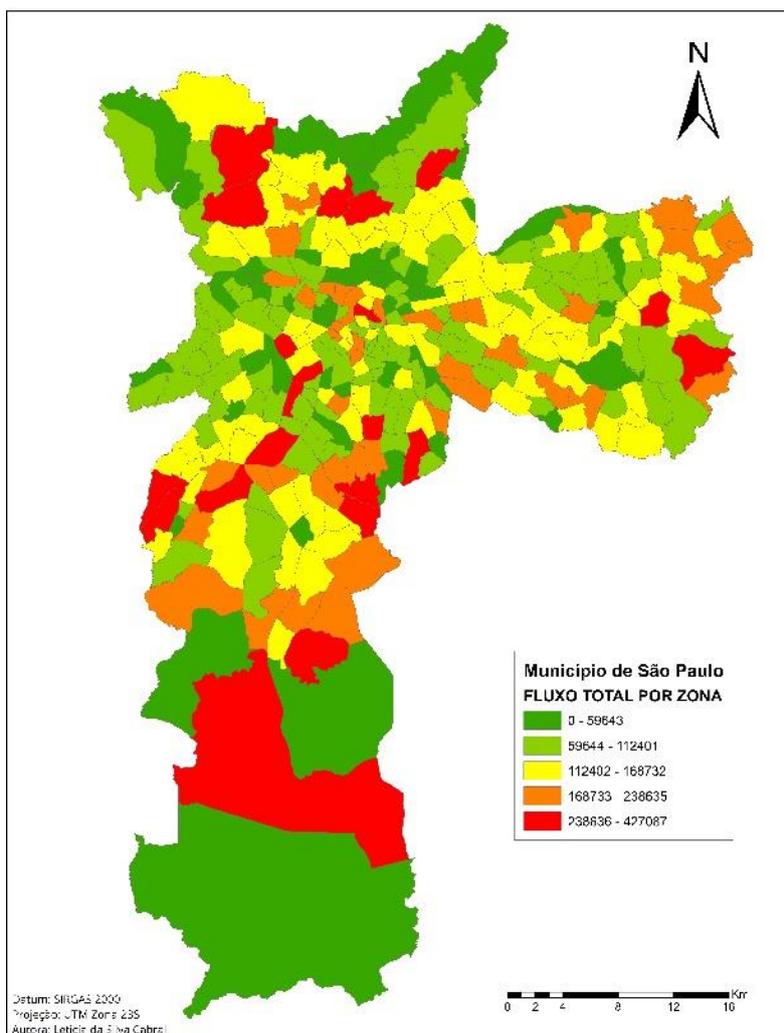


Fonte: produção da autora

Por fim, a análise do fluxo por zona de tráfego do município de São Paulo demonstrou que as diferentes zonas possuem fluxos bem diferentes e distribuídas, havendo fluxo leve e intenso nas diferentes porções da cidade.

Figura 14 – fluxo total por zona de tráfego da cidade de SP

Fluxo total por zona do município de São Paulo



Fonte: produção da autora

3 CONCLUSÃO

Diante do atual cenário em que se vive, é importante avaliar, quantificar e analisar a mobilidade e a forma com que ela ocorre, a fim de relacioná-la com o espalhamento de vírus contagiosos causadores de doenças como o SARS-COV-II. O uso das metodologias desenvolvidas demonstrou-se promissor para a realização de tais análises, uma vez que foi possível avaliar as redes de mobilidade e transporte da região e correlacioná-las com as ocorrências do primeiro caso de COVID-19. Para o próximo ano de estudo, visa-se expandir a análise da rede de transporte, bem como aprofundar as análises da rede de mobilidade e como ela pode resultar em diferentes cenários da propagação da COVID-19 no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOAVENTURA Netto, O. P. Grafos: Teoria, modelos, algoritmos, 5a. edição. Editora Bluscher, São Paulo, 2012.

EMPLASA. **Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**. 2016. [Htps://emplasa.sp.gov.br/RMVPLN: :text=Extensa](https://emplasa.sp.gov.br/RMVPLN: :text=Extensa). Acesso em: 07 jul. 2020.

FORTALEZA, C. M. C. B.; GUIMARÃES, R. B.; CATÃO, R. C.; FERREIRA, C. P., ALMEIDA, G. B.; PUGLIESI, E. Elementary spatial structures and dispersion of COVID-19: health geography directing responses to public health emergency in São Paulo State, Brazil. **medRxiv** 2020.04.26.20080895; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.26.20080895>

FREITAS, V. L. S., MOREIRA, G. J. P., SANTOS L. B. L. Análise de robustez em uma rede de mobilidade intermunicipal: modelando iniciativas municipais, estaduais e federais como falhas e ataques à contenção do SARS-CoV-2 . **PeerJ** 8 : e10287 <https://doi.org/10.7717/peerj.10287>. 2020.

FREITAS, V. L. S., KONSTANTYNER, T. C. R. O., FEITOSA, J., SEPETAUSKAS, C. S. N., SANTOS, L. B. L. The correspondence between the structure of the terrestrial mobility network and the emergence of COVID-19 in Brazil, *Cadernos de Sa_ude P_ublica*, 36:e00184820, 2020. DOI: 10.1590/0102-311X00184820.

IBGE. REGIC 2018: **Campinas/SP, Florianópolis/SC e Vitória/ES passam a estar entre as 15 Metrópoles do país**. 2020. [Htps://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-denoticias/ releases/28042-regic-2018-campinas-sp-florianopolis-sc-e-vitoria-epassam-a-estar-entre-a -15-metropoles-do-pais](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-denoticias/releases/28042-regic-2018-campinas-sp-florianopolis-sc-e-vitoria-epassam-a-estar-entre-a-15-metropoles-do-pais). Acesso em: 07 jul. 2020.

JARDIM, A. P. **Reflexões sobre os deslocamentos populacionais no Brasil**. IBGE, 2011. cap. Movimento pendular, p. 58.

Linha do tempo do coronavírus no Brasil. Sanarmed, 2021. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil>. Acesso em: 01 ago. 2021.

PERES, R. B. **Covid-19 - crises entremeadas no contexto de pandemia (antecedentes, cenários e recomendações)**. CPOI, 2020. cap. 16, p. 247. 2

SANTOS, L. B. L. et al. (Geo) graphs-complex networks as a shapefile of nodes and a shapefile of edges for different applications. **arXiv preprint arXiv:1711.05879**, 2017.

GLOSSÁRIO

1. **betweenness:** índice que quantifica quantas vezes um determinado vértice do grafo age como intermédio no caminho mais curto entre dois outros vértices.

“A intermediação (*betweenness*) indica quão central é um nó dentro da rede.”centroid

2. **centroide:** ponto que representa o centro geométrico de um polígono.

“Extraiu-se os centroides cda região de estudo.”

3. **Centralidade de grau:** índice que quantifica quantas vezes um determinado vértice se conecta com outros vértices diferentes dentro da rede.

“A centralidade de grau (*degree*) é dada pelas métricas dos nós e com ela é possível visualizar o número de conexões dos vértices...”

4. **coronavírus:** nome da família de vírus à qual o vírus causador da COVID-19 pertence.

“Quase dois meses depois, em 30 de abril de 2020 o chamado novo coronavírus, causador da doença COVID-19...”

5. **COVID-19:** infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-COV-II.

“[...] em agosto de 2021, contabiliza-se mais de 200 milhões de casos e 4 milhões de mortes no mundo por COVID-19.”

6. **fluxo:** movimento de pessoas ou cargas de um ponto de origem a um ponto de destino.

“[...] apenas a conexão física (rodovias) não é suficiente para que o espalhamento ocorra, necessitando de um fluxo de pessoas contaminadas.”

7. **grafo:** conjunto de vértices e arcos que ligam alguns ou todos vértices.

“Os grafos da matemática possuem diversas aplicações.”

8. Infraestrutura: vias e sistemas de transporte, como rodovias, estradas, ferrovias, hidrovias, portos e aeroportos.

“iniciou-se a elaboração de mapas da rede de transporte da região (infraestrutura física/vias)...”

9. mobilidade: movimento de deslocar-se de um ponto a outro dentro de um espaço geográfico.

“A mobilidade urbana entre os municípios da RMVPLN é bastante intensa.”

10. modo de deslocamento: tipo de modal de transporte utilizado para realizar o deslocamento.

“Essa matriz continha dados de deslocamento pelo modo individual e pelo motivo trabalho.”

11. motivo do deslocamento: razão pela qual se realizou o deslocamento.

“Essa matriz continha dados de deslocamento pelo modo individual e pelo motivo trabalho.”

12. OSM: OpenStreetMap é um projeto em que os próprios usuários atualizam e disponibilizam as informações sobre estradas, ruas, entre outros.

“Usando dados do arruamento da RMVPLN no formato *shapefile*, obtidos pelo processamento de dados do OpenStreetMap...”

13. pandemia: quando uma doença é disseminada em escala global e transmitida de pessoa para pessoa através dos continentes.

“A Organização Mundial da saúde declarou pandemia do vírus SARS-COV-II em 11 de março de 2020.”

14. pesquisa Origem-Destino: Pesquisa na qual contabiliza-se o fluxo, origem, destino, modo e motivo do deslocamento de pessoas em uma determinada região por período de tempo.

“Os dados da pesquisa Origem-Destino estavam organizados em seis matrizes.”

15. redes complexas: Rede formada por nós ligados por arestas (grafo) que permite representar relações complexas.

“O uso de redes complexas no estudo da mobilidade proporciona análises de índices importantes para o entendimento da dinâmica local.”

16. redes de mobilidade: Rede em que se representa a mobilidade de uma região através de vértices ligados por arestas que representam o fluxo entre eles.

“Além da análise da rede de mobilidade com a elaboração dos (geo)grafos...”

17. redes de transporte: conjunto de interligações; redes de circulação de pessoas e cargas através dos diferentes modais de transporte.

“analisou a rede de transporte, ou seja, as vias da região.”

18. RMVPLN: Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, situada no interior do estado de São Paulo é composta por 39 municípios.

“[...] elaborou-se três mapas da RMVPLN utilizando diferentes índices.”

19. rodovias: via de transporte interurbano.

“Além disso, adicionou-se as rodovias estaduais e federais que cruzam a região...”

20. SARS-COV-II: comumente chamado de “novo” coronavírus, é o causador da COVID-19. É a sigla de “síndrome respiratória aguda grave – coronavírus 2”.

“A Organização Mundial da saúde declarou pandemia do vírus SARS-COV-II em 11 de março de 2020”

21. semana epidemiológica: período de tempo padronizado internacionalmente pelo número de semanas do ano para contabilizar eventos epidemiológicos.

“[...] da ocorrência do primeiro caso de cada município de acordo com a semana epidemiológica.”

22. shapefile: tipo de arquivo em que um elemento ou feição em formato ponto, linha ou polígono é representado espacialmente com coordenadas geográficas.

“Utilizando os *shapefiles* dos municípios dos municípios, que foram adquiridos através da base de dados do IBGE...”

23. SIG: O Sistema de Informação Geográfica é composto pela integração de programas computacionais, compostos por dados, equipamentos e pessoas, que visam manipular, analisar, coletar e armazenar dados geograficamente referenciados.”

“[...] utilizando um *software* de SIG, extraiu-se os centroides da região de estudo e calculou-se suas respectivas coordenadas.”

24. transporte: deslocamento de pessoas e/ou cargas para um determinado local por um determinado motivo, através de algum modal.

“Os países, estados e cidades ao redor do mundo estão fortemente conectados através de diferentes modais de transporte.”

25. vulnerabilidade: índice que quantifica quão grande é o impacto da remoção de um vértice sobre a rede.

“Já a vulnerabilidade calcula o impacto que a retirada de uma via causa na rede.”

26. zona de tráfego: Unidade territorial utilizada para fazer o levantamento da origem e do destino das viagens.

“Por fim, dados de mobilidade multimodal das 342 zonas de tráfego do município de São Paulo foram avaliados.”

ANEXO A – TUTORIAIS

Estes são os links de acesso aos respectivos tutoriais mencionados:

[TUTORIAL1 ELABORAÇÃO \(GEO\)GRAFO.pdf](#)

[TUTORIAL2 ANALISE \(GEO\)GRAFO.pdf](#)

[TUTORIAL3 USO DOS DADOS.pdf](#)