

Vulnerabilidade estrutural dos hospitais e cemitérios e crematórios da cidade de São Paulo à COVID-19

Relatório 1- 06/05/2020 - 8:00 PM

Observatório COVID19 - Grupo: Redes de Contágio^a & Eduardo X. F. G. Migon^b

Marília Palumbo Gaiarsa^{1,2}, Flavia M. D. Marquitti³, Paula Lemos-Costa⁴, Gustavo Burin⁵, Lucas P. Medeiros⁶, Viviana M. Velásquez⁷, Pamela Santana⁵, Erika Marques Santana⁵, Kate P. Maia⁵, Danilo G. Muniz⁵, Leandro Giacobelli⁵, Ana Paula A. Assis⁵, Irina Birskis-Barros², Mauricio Cantor⁸, Carine Emer⁹, Cecilia Andreazzi¹⁰, Mathias M. Pires¹¹, Marina C. Côrtes¹², Diogo Melo¹³, Wesley Dáttilo¹⁴, Rafael L. G. Raimundo¹⁵, Paulo R. Guimarães Jr.⁵

^b - Laboratório de Estudos de Defesa, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (LED/ECEME)

¹ - Department of Entomology, University of California, Riverside, EUA; ² - School of Natural Sciences, University of California, Merced, EUA; ³ - Instituto de Física "Gleb Wataghin", Universidade Estadual de Campinas; ⁴ - Department of Ecology & Evolution, University of Chicago, EUA; ⁵ - Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo; ⁶ - Department of Civil and Environmental Engineering, MIT, EUA; ⁷ - Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB; ⁸ - Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina; Max Planck Institute of Animal Behaviour, Alemanha; ⁹ - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres - CEMAVE, Cabedelo - PB; ¹⁰ - Instituto Oswaldo Cruz - RJ; ¹¹ - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (Força-Tarefa UNICAMP COVID-19); ¹² - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP; ¹³ - Departamento de Genética, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo; ¹⁴ - Instituto de Ecologia AC, México; ¹⁵ - Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba.

Summary of results and recommendations	3
1. Sumário de resultados e recomendações	4
2. Detalhamento das análises e resultados	5
2.1. Estrutura da rede funerária	5
Figura 1. Projeção espacial da rede	7
Figura 2. Conectividade entre módulos	
2.2 Vulnerabilidade de hospitais e cemitérios/crematórios	8
Figura 3. Projeção espacial da rede com vulnerabilidade dos locais	10
Figura 4. Vulnerabilidade dos hospitais.	12
Figura 5. Vulnerabilidade dos cemitérios/crematórios.	13
2.3 Otimização do fluxo de vítimas (suspeitas e confirmadas) de COVID-19 entre hospitais e cemitérios/crematórios	14
Figura 6. Mudanças sugeridas.	17
3. Limitações das análises	17
4. Agradecimentos	18
5. Referências	18
6. Tabelas	19

Structural vulnerability of hospitals, cemeteries, and crematoriums of the city of São Paulo to COVID-19

Summary of results and recommendations

This is the first report by the *COVID19 Observatory - Group: Contagion Networks* analyzing mortality data from the city of São Paulo. In this report, we integrated mortality data for the city of São Paulo between 04/02/2020 and 04/28/2020, with information on the flow of victims between hospitals and cemeteries/crematoriums. We included in our analyzes both confirmed and suspected deaths from COVID-19. The main objectives of this report were: (1) to describe the structure of the flow of victims between locations and (2) to suggest changes in the current flow based on geographical distances in order to avoid a potential overload of the mortuary system. We suggest that the city of São Paulo should plan **for a potential overload of the mortuary system** (that is, number of burials), based on the presented results. Thus, our results reinforce the need to adopt specific planning for the management of the extraordinary number of victims of this pandemic. Our predictions are based on the structural analysis of the COVID-19 victim flow network, which shows several hotspots with high vulnerability to system overload. These hotspots concentrate with either the greatest number of deaths (hospital) or of burials (cemetery or crematorium), and therefore have high potential to become overwhelmed by receiving many bodies due to the increase in victims of the pandemic. We recommend **special attention to be given to localities on the east side of São Paulo**, which has both the most vulnerable hospitals in the city, and also houses cemeteries and crematoriums that have a central role in the network and/or are vulnerable. Based on our optimization analysis, we suggest logistical changes in the current flow of bodies from hospitals to cemeteries/crematoriums so as not to overload the funeral system and minimize transportation costs. In this sense, our results are potentially useful for improving the operational planning of the Municipality of São Paulo, ratifying or rectifying actions underway at the municipal level.

1. Sumário de resultados e recomendações

Este é o primeiro relatório do *Observatório COVID19 - Grupo: Redes de Contágio* analisando os dados de óbitos da cidade de São Paulo. Neste relatório, integramos os dados de óbitos da cidade de São Paulo entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2020 com informações sobre o fluxo de vítimas entre os hospitais e os cemitérios e crematórios da cidade de São Paulo. Incluímos em nossas análises óbitos confirmados e óbitos suspeitos de COVID-19. Os principais objetivos deste relatório são: (1) descrever a estrutura do fluxo de vítimas entre localidades e (2) sugerir mudanças no fluxo com base em distâncias geográficas de maneira a evitar uma potencial sobrecarga do sistema funerário.

1.1. Principais resultados

- I. A rede formada por hospitais e cemitérios/crematórios possui cinco módulos conectados entre si pelo fluxo de vítimas da COVID-19 (**Figuras 1**).
- II. A análise de modularidade permitiu evidenciar que a região central e leste de São Paulo concentram a maior quantidade de cemitérios, recebendo a maior quantidade de vítimas ("hubs"). Os locais que atuam como "hubs" da rede são: (1) Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes, (2) Cemitério Vila Formosa, (3) Cemitério Vila Nova Cachoeirinha e (4) Cemitério São Luís (**Figura 2**).
- III. Os cinco hospitais mais vulneráveis à potencial sobrecarga do sistema são, em ordem decrescente: (1) Hospital Municipal Tide Setúbal, (2) Hospital Municipal Doutor Carmino Caricchio, (3) Hospital Santa Marcelina Itaquera, (4) Hospital Estadual Vila Alpina e (5) Hospital Estadual de Sapopemba (**Figuras 3 e 4, Tabela 2**).
- IV. Os cinco cemitérios/crematórios mais vulneráveis à potencial sobrecarga do sistema de saúde são, em ordem decrescente: (1) Cemitério Vila Formosa, (2) Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes, (3) Cemitério São Pedro - Vila Alpina, (4) Cemitério Saudade e (5) Cemitério Vila Nova Cachoeirinha (**Figura 3 e 5, Tabela 3**).
- V. A análise de otimização do fluxo de vítimas com base nas distâncias geográficas entre hospitais e cemitérios/crematórios sugere mudanças logísticas com potencial de evitar uma sobrecarga do sistema funerário. Os cinco hospitais com maior potencial para alterar o fluxo de vítimas e assim evitar uma possível sobrecarga do fluxo funerário são, em ordem decrescente: (1) Hospital das Clínicas, (2) Hospital Sancta Maggiore - Santa Cecília, (3) Hospital Sancta Maggiore - Mooca, (4) Hospital Municipal Tide Setubal e (5) Hospital Salvalus (**Figura 6**).

1.2. Recomendações

Sugere-se à prefeitura da cidade de São Paulo que seja realizado um **planejamento para uma potencial sobrecarga do sistema funerário** (isto é, número de sepultamentos) da cidade de São Paulo com base nos resultados apresentados. Desta forma, nossos resultados reforçam a necessidade de ser adotado planejamento específico para a gestão dos casos extraordinários

visualizados no contexto da pandemia. Esta previsão está baseada na análise estrutural da rede de fluxos de vítimas da COVID-19, que indica a concentração de vários locais com alta vulnerabilidade à sobrecarga do sistema. Tais locais concentram a maior quantidade de óbitos (hospitais) ou a maior concentração de sepultamentos (cemitérios ou crematórios) e tem portanto alto potencial de tornarem-se sobrecarregados por receberem muitos corpos devido ao aumento de vítimas da pandemia. **Recomenda-se especial atenção à localidades da zona leste de São Paulo**, que apresenta os hospitais mais vulneráveis da cidade e abriga cemitérios e crematórios que possuem papel central na rede e/ou encontram-se vulneráveis. Com base em nossa análise de otimização, sugerimos mudanças logísticas no atual fluxo de corpos de hospitais para cemitérios/crematórios de modo a não sobrecarregar o sistema funerário e minimizar os custos de transporte. Neste sentido, nossos resultados são potencialmente úteis ao aperfeiçoamento do planejamento operacional da Prefeitura Municipal de São Paulo, ratificando ou retificando ações em curso no âmbito municipal.

2. Detalhamento das análises e resultados

2.1. Estrutura da rede funerária

Nós integramos dados sobre o fluxo de vítimas suspeitas e confirmadas da COVID-19 entre hospitais e cemitérios/crematórios, ciência de redes complexas, otimização de problemas de transporte em redes e conceitos de modelos epidemiológicos para prever os locais de sepultamento mais vulneráveis à sobrecarga e ao colapso do sistema. A partir dos dados de óbitos da cidade de São Paulo (fornecidos pelo serviço funerário da cidade de São Paulo entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2020) criamos uma rede (grafo) na qual cada ponto representa um hospital (representados por círculos na **Figura 1**), cemitério ou crematório (representados por quadrados na **Figura 1**) da cidade de São Paulo. As linhas representam a ligação entre um hospital, no qual uma vítima (suspeita ou confirmada) da COVID-19 veio ao óbito, e o cemitério/crematório para o qual a vítima foi encaminhada. As linhas são ponderadas pela quantidade de vítimas que ligam um hospital a um cemitério/crematório. Nós realizamos uma análise de cartografia de redes complexas, que detecta módulos na rede formada por hospitais e cemitérios/crematórios (Newman 2006, Brandes *et al.* 2008). Ressaltamos que os módulos dessa rede representam hospitais e cemitérios/crematórios entre os quais há um fluxo intenso de vítimas em relação à hospitais e cemitérios fora do módulo (**Figura 1**). Identificamos cinco módulos, sendo que um deles é formado por apenas um hospital e um cemitério: módulo 1, formado pelo hospital Santa Cecília e cemitério da Penha (em vermelho, **Figura 1**).

O algoritmo que atribui hospitais, cemitérios e crematórios a diferentes módulos considera apenas o fluxo de vítimas entre esses locais para a determinação dos módulos, ou seja, o algoritmo não inclui nenhuma informação adicional além do fluxo de vítimas de determinado hospital para determinado cemitério/crematório. É relevante ressaltar que, como esperado para redes com componentes espaciais, a modularidade da rede hospitais-cemitérios/crematórios

apresentou um forte componente espacial. Especificamente, encontramos que hospitais e cemitérios/crematórios mais próximos entre si geograficamente tem maiores chances de pertencerem ao mesmo módulo e que a estrutura modular da rede reflete esse componente espacial (**Figura 1**). Por exemplo, o módulo 2 (azul) é predominantemente composto por hospitais e cemitérios/crematórios localizados na zona leste do município de São Paulo, o módulo 3 (verde) é composto por estabelecimentos predominantemente localizados na zona norte, o módulo 4 (roxo) por estabelecimentos da zona central mas que também pertencem a outras zonas do município de São Paulo (**Figura 1**).

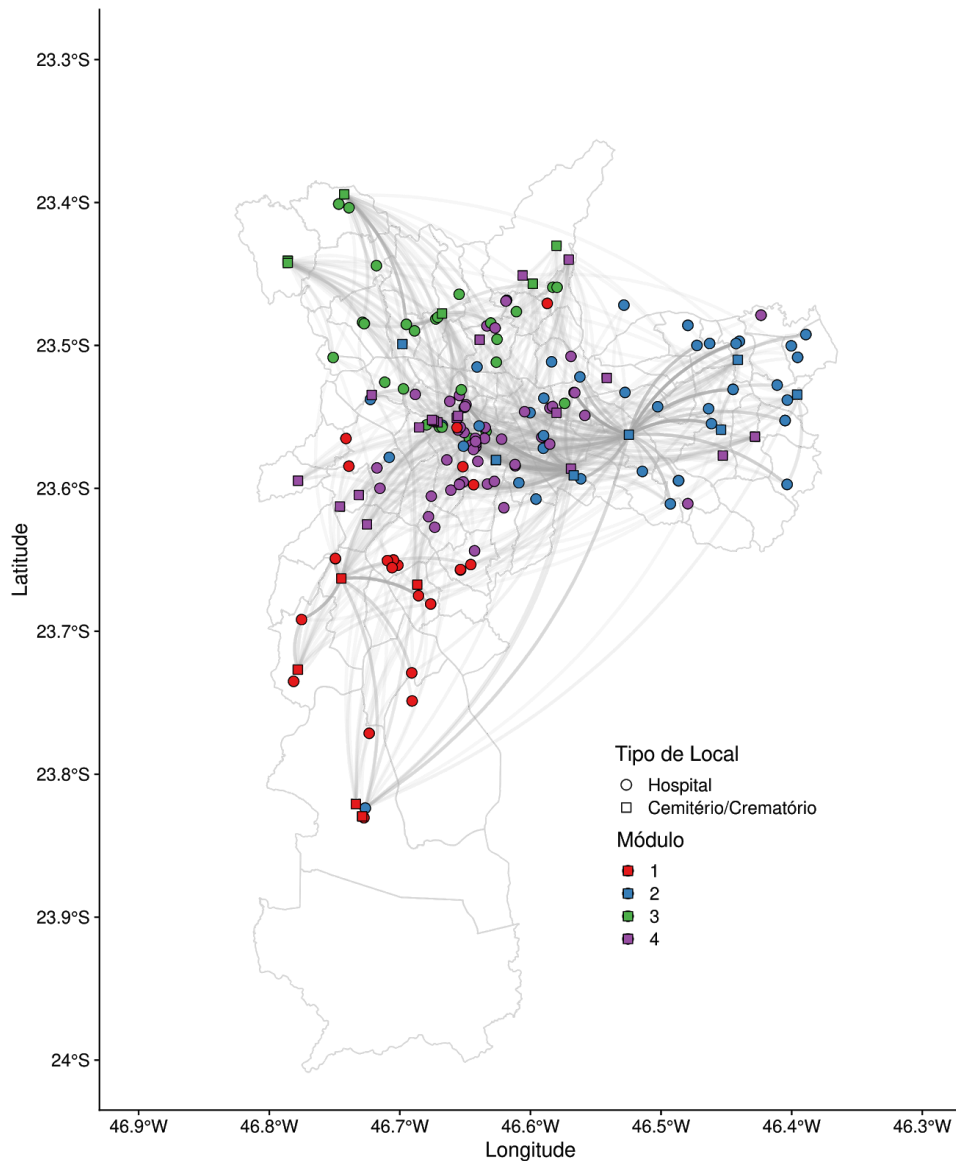


Figura 1. Projeção espacial da rede formada pelo fluxo de vítimas dos hospitais (círculos) para diferentes cemitérios/crematórios (quadrados) da cidade de São Paulo. Locais com as mesmas cores formam módulos, isto é, locais entre os quais há um grande compartilhamento de vítimas. Veja na Tabela 1 em anexo as referências para os nomes dos hospitais e cemitérios/crematórios associados a cada um dos módulos. Dados dos óbitos por suspeitos e confirmados com COVID-19 entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2020.

Computamos dois descritores que caracterizam a topologia (estrutura) da rede por meio da conectividade de seus módulos em dois níveis: conectividade entre os módulos (*intermódulo*) e a conectividade dentro dos módulos (*intramódulos*). A conectividade aqui representa o número total de vítimas que faleceram em um determinado hospital e/ou cujo corpo foi enviado para um cemitério/crematório específico. Nessa rede um módulo representa um conjunto de hospitais e cemitérios/crematórios entre os quais há compartilhamento de vítimas maior do que o observado entre localidades fora do módulo. Adicionalmente, nós usamos descritores do papel que os diferentes locais (hospitais, crematórios e cemitérios) desempenham na rede, em termos de conectividade dentro e entre módulos (Amaral *et al.* 2000). De forma heurística, podemos identificar quatro cemitérios em particular que merecem especial atenção (canto superior direito, **Figura 2**). Esse grupo de quatro cemitérios/crematórios recebem vítimas que conectam diferentes hospitais e agem como “*hubs*” locais, ou seja, representam cemitérios e crematórios com papel central na rede, tanto por sua importância dentro dos seus respectivos módulos quanto pelo seu papel em conectar locais entre módulos. São eles: o Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes (187), o Cemitério Vila Formosa (182), o Cemitério Vila Nova Cachoeirinha (184) e o Cemitério São Luís (177) (**Figura 2**). Como consequência de seu papel central na rede, estes cemitérios que se posicionam como “*hubs*” tem o potencial para sofrerem uma sobrecarga de sepultamentos e, portanto, uma redistribuição de vítimas alocadas para esses cemitérios e crematórios deve ser considerada. Na seção “Otimização do fluxo de vítimas (suspeitas e confirmadas) de COVID-19 entre hospitais e Cemitérios” nós propusemos um manejo das vítimas baseado na distribuição espacial de hospitais e cemitérios/crematórios.

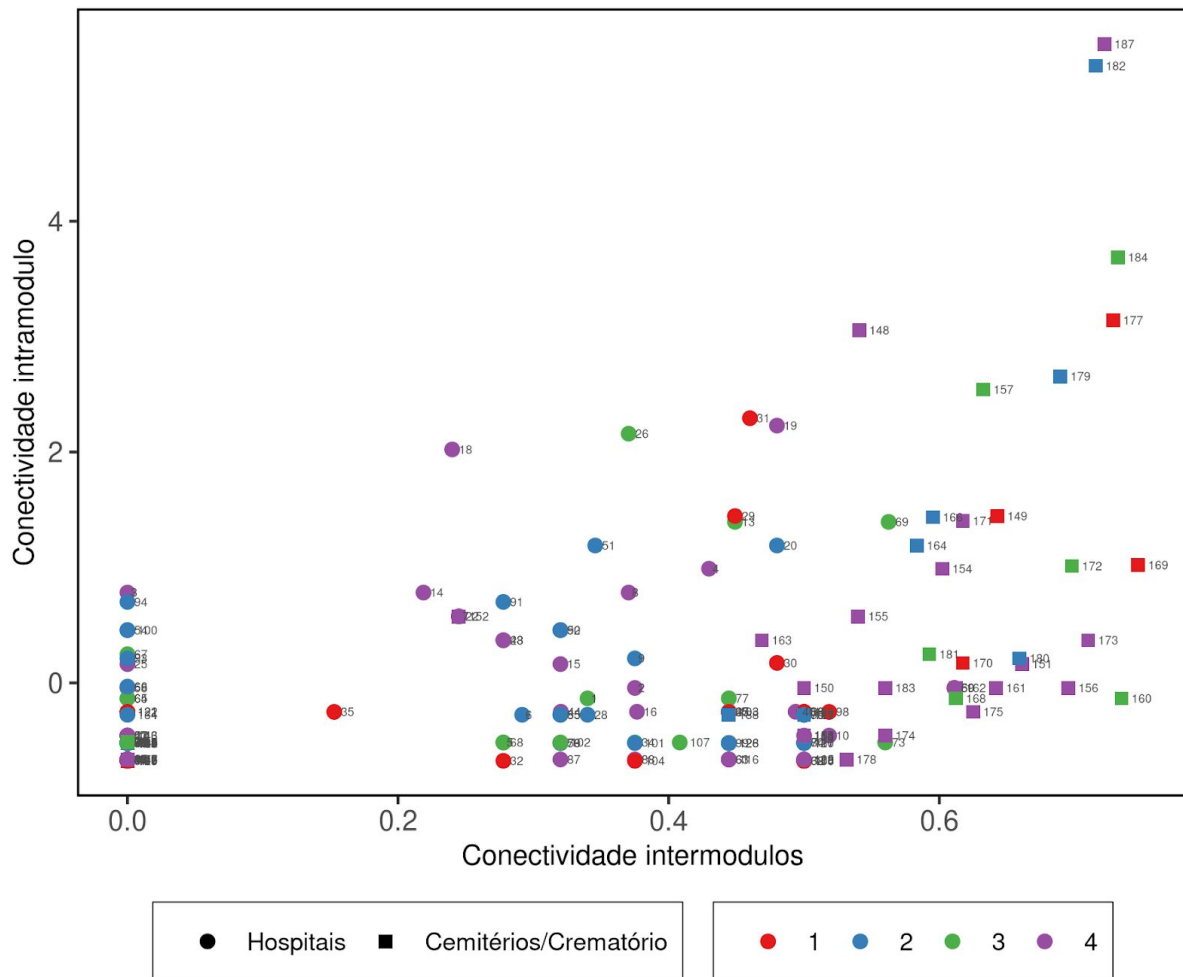


Figura 2. Descritores quantitativos da conectividade entre os módulos (*intermódulo*, eixo x) e dentro dos módulos (*intramódulos*, eixo y). Módulos são grupos de hospitais e cemitério/crematório conectados por um maior fluxo de vítimas. Valores altos de conectividade intramódulo indicam locais com grande fluxo de vítimas com outros locais pertencentes ao mesmo módulo. Valores altos de conectividade intermodular indicam locais com grande fluxo de vítimas entre módulos. “Hubs” regionais e conectores são, portanto, hospitais e cemitérios/crematórios que conectam diferentes hospitais e cemitério/crematório. O Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes (187), o Cemitério Vila Formosa (182), o Cemitério Vila Nova Cachoeirinha (184) e o Cemitério São Luís (177) são importantes hubs por apresentarem valores altos de conectividade dentro e entre módulos e portanto representam locais que recebem um grande número de vítimas. Veja na Tabela 1 em anexo as referências para os nomes dos hospitais e cemitérios/crematórios associados a cada um dos números e módulos.

2.2 Vulnerabilidade de hospitais e cemitérios/crematórios

As análises a seguir descrevem uma abordagem que permite identificar a vulnerabilidade estrutural da rede formada pelo fluxo de vítimas entre hospitais e cemitérios/crematórios. Nós usamos técnicas associadas à descrição de como efeitos se propagam em redes complexas. Especificamente, nós adaptamos uma medida que permite computar rotas diretas e indiretas entre localidades

(centralidade de Katz, [Katz, 1953]). Para calcular essa medida nós computamos a matriz de efeitos diretos e indiretos (Katz, 1953; Guimarães *et al.*, 2017): $T = (I - rQ)^{-1}$, no qual I é a matriz identidade, r é um fator que pesa o efeito do fluxo de vítimas envolvendo múltiplas localidades e Q descreve a matriz de fluxo de vítimas entre hospitais e cemitérios/crematórios. Utilizamos os dados de óbitos da cidade de São Paulo entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2020, que continham informações sobre o fluxo de vítimas confirmadas e suspeitas de COVID-19 entre os hospitais e os cemitérios/crematórios da cidade de São Paulo, para calcular a matriz de efeitos diretos e indiretos como descrito acima. Calculamos então a centralidade Katz como uma medida de vulnerabilidade do local, de forma que quanto maior a centralidade, maior o fluxo de vítimas (suspeitas e confirmadas) de COVID-19 partindo de um hospital e sepultadas em um cemitério/crematório. Em seguida, dividimos cada valor pelo valor máximo observado para que a medida ficasse entre zero e um, facilitando sua interpretação. Quanto maior esse valor, maior o fluxo de vítimas que saem de um hospital e são enviados para um cemitério/crematório. Mais especificamente, a vulnerabilidade de um hospital está associada a dois fatores: (1) a quantidade de cemitérios e crematórios para os quais o hospital envia vítimas (links diretos), e (2) o compartilhamento de cemitérios entre os diferentes hospitais (links indiretos). E portanto, quanto maior a vulnerabilidade de um hospital, maior a sua importância em enviar vítimas para cemitérios e maior o seu compartilhamento de localidades de sepultamento com outros hospitais na rede. De maneira análoga, para cemitérios e crematórios, a sua vulnerabilidade está associada a dois fatores: (1) a quantidade de hospitais dos quais o cemitério/crematório recebe vítimas (links diretos), e (2) o compartilhamento de hospitais entre os diferentes cemitérios (links indiretos). Portanto, quanto maior a vulnerabilidade de um cemitério/crematório, maior o número de vítimas que ele recebe e maior seu compartilhamento de hospitais emissores de vítimas com outros locais de sepultamento.

Abaixo apresentamos a projeção espacial da rede hospitais e cemitérios/crematórios no mapa da cidade de São Paulo, destacando as localidades por cores de acordo com a sua vulnerabilidade.

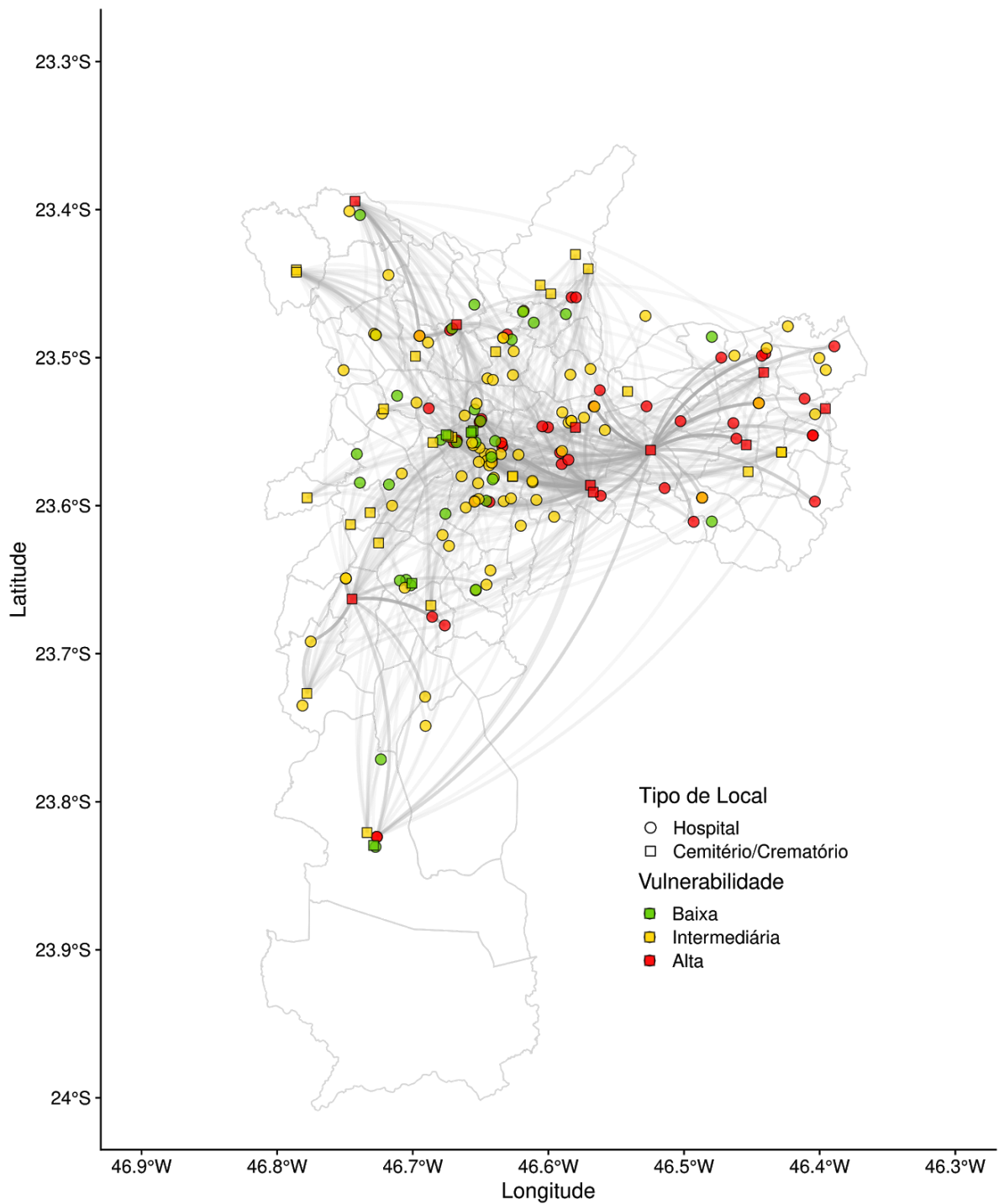


Figura 3. Projeção espacial da rede formada pelo fluxo de vítimas dos hospitais para diferentes cemitérios/crematórios da cidade de São Paulo. As localidades foram classificadas em diferentes graus de vulnerabilidade, de acordo com o fluxo direto e compartilhamento de fluxo entre localidades. Dados de óbitos suspeitos e confirmados de COVID-19 entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2020. Veja nas Tabelas 2 e 3 os valores de vulnerabilidade associados a cada um dos hospitais e cemitérios/crematórios.

Classificamos cada um dos nós (hospitais ou cemitérios/crematórios) em três grupos conforme o grau de vulnerabilidade calculado a partir da centralidade de Katz: baixa, intermediária e alta (**Figura 3**). Ressaltamos que esses grupos estão definidos de forma heurística, com base na forma com que efeitos diretos e indiretos se propagam em redes, e tem como objetivo facilitar a tomada de decisões. Em uma rede estruturada com dois tipos de nós, hospitais e cemitérios/crematórios conectados de forma direcional, efeitos diretos são capturados por meio de links diretos (como em qualquer outra rede) e efeitos indiretos são definidos por meio do compartilhamento de caminhos entre as diferentes localidades. Os efeitos indiretos, portanto, são capturados por meio do compartilhamento de localidades entre os diferentes nós da rede. A descrição dos efeitos diretos e indiretos fornecem informações sobre possíveis sobrecargas dentro do sistema, além de potenciais redirecionamentos de fluxo, capturados por meio dos efeitos indiretos. Os cinco hospitais com maior índice de vulnerabilidade são: Hospital Municipal Tide Setubal, Hospital Municipal Doutor Carmino Caricchio, Hospital Santa Marcelina Itaquera, Hospital Estadual Vila Alpina, e Hospital Estadual de Sapopemba (**Figura 4, Tabela 2**). Já os cemitérios/crematórios que estão mais vulneráveis são: Cemitério Vila Formosa, Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes, Cemitério São Pedro - Vila Alpina, Cemitério Saudade, e Cemitério Vila Nova Cachoeirinha (**Figura 5, Tabela 3**). Notavelmente, a maior concentração de hospitais e cemitérios/crematórios com alto nível de vulnerabilidade encontram-se na zona leste da cidade de São Paulo. Sugerimos especial atenção à essa região da cidade, especialmente considerando sua vulnerabilidade em relação a outros fatores sócio-econômicos.

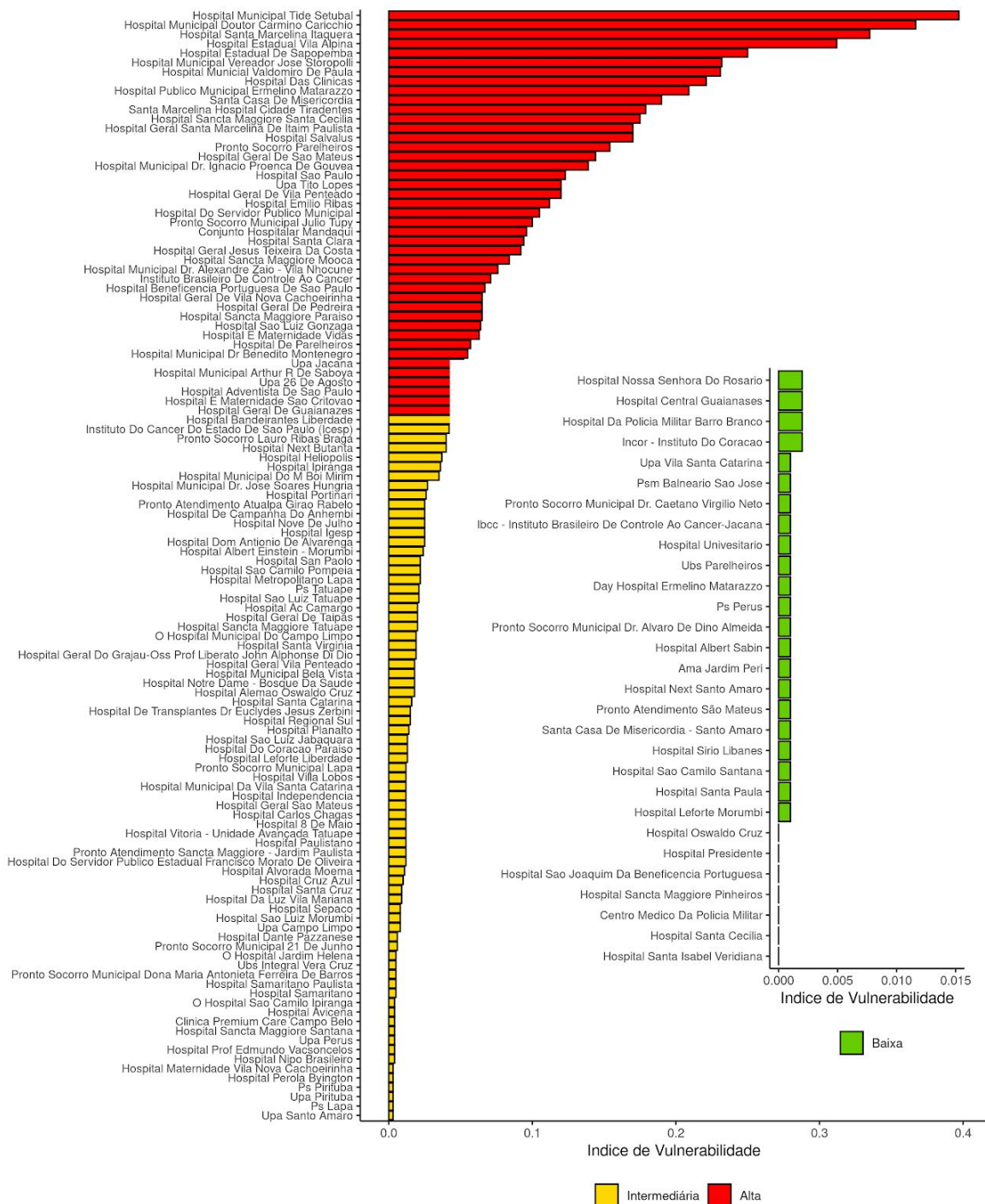


Figura 4. Vulnerabilidade dos hospitais da cidade de São Paulo. As cores indicam a vulnerabilidade do hospital quanto à mortalidade por suspeitos e confirmados com COVID-19 entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2015. Quanto maior o índice, maior o potencial daquele hospital em enviar vítimas que vieram a óbito para os cemitérios e crematórios. Veja na Tabela 2 os valores de vulnerabilidade associados a cada um dos hospitais.

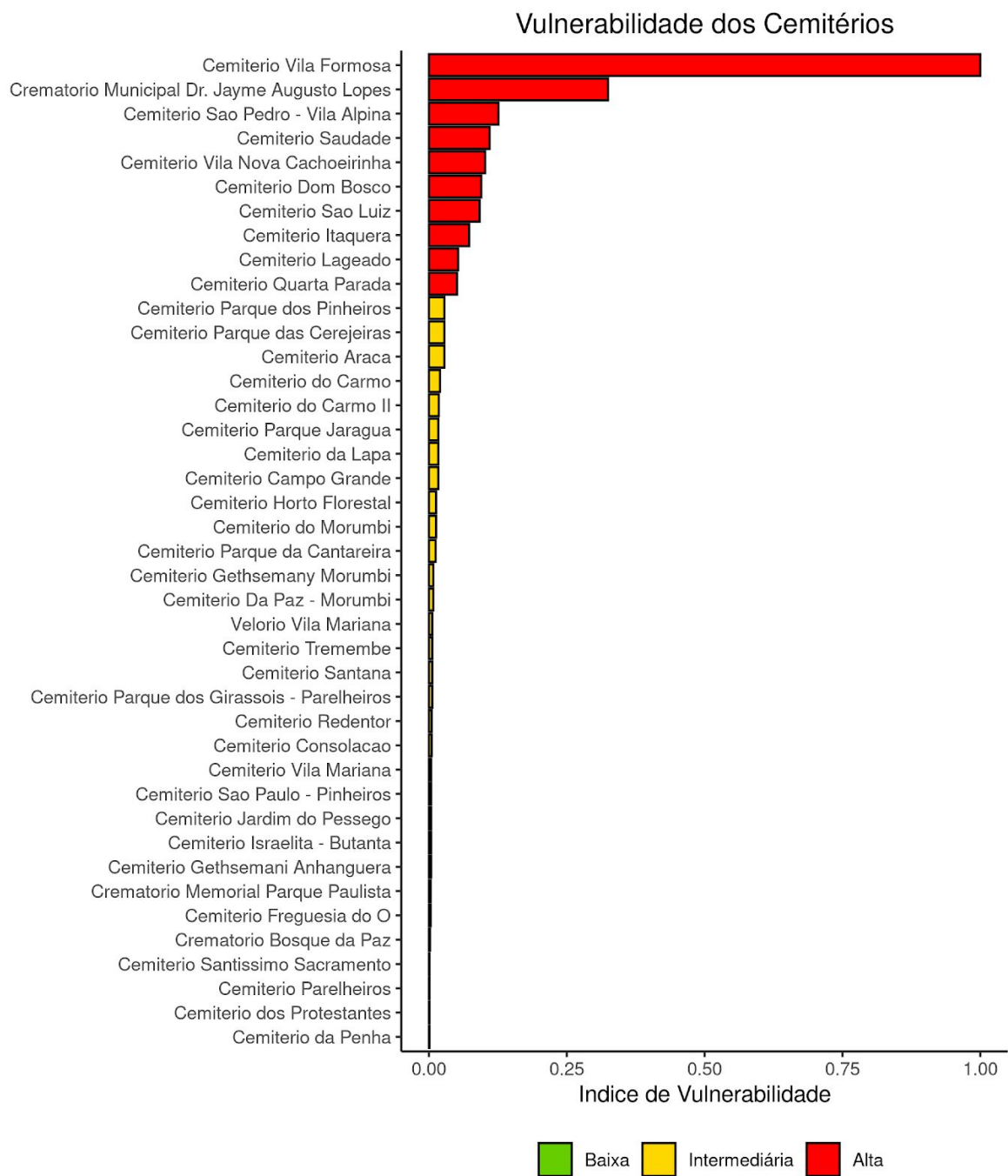


Figura 5. Vulnerabilidade dos cemitérios/crematórios da cidade de São Paulo. As cores indicam a vulnerabilidade do local de sepultamento quanto ao recebimento de vítimas suspeitas e confirmadas com COVID-19 entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2020. Quanto maior o índice, maior o potencial daquele local em servir como ponto de recepção de vítimas a partir dos hospitais. Veja na Tabela 3 os valores de vulnerabilidade associados a cada um dos cemitérios/crematórios.

2.3 Otimização do fluxo de vítimas (suspeitas e confirmadas) de COVID-19 entre hospitais e cemitérios/crematórios

Com um aumento exponencial no número de óbitos por COVID-19 na cidade de São Paulo somados aos óbitos por outras causas, a logística do transporte de vítimas suspeitas e confirmadas de COVID-19 que vieram a óbito pode ser desafiadora. Nesse sentido, usamos os dados de óbitos por hospital, vítimas recebidas por cemitérios/crematórios e distâncias geográficas entre hospitais e cemitérios/crematórios para propor alterações logísticas que visam otimizar o fluxo de vítimas (suspeitas e confirmadas) de COVID-19 na cidade de São Paulo. Para isso, descrevemos o problema de sepultamentos como um problema de transporte em redes, buscando minimizar o custo de fluxo nesta rede (Bertsimas & Tsitsiklis, 1997). O problema de transporte neste caso consiste em minimizar o custo de transportar vítimas de hospitais para cemitérios/crematórios. Neste caso, definimos o custo baseado na distância geográfica entre hospitais e cemitérios/crematórios e procuramos então minimizar este custo, para que as distâncias percorridas sejam mínimas e os sepultamentos não sobrecarreguem alguns cemitérios/crematórios. Podemos formalizar o problema da seguinte forma:

a_i : número total de vítimas (óbitos) do hospital i ("oferta") ($i = 1, \dots, m$)

b_j : número total de vítimas recebidas pelo cemitério/crematório j ("demanda") ($j = 1, \dots, n$)

c_{ij} : distância geográfica (linha reta em metros) entre hospital i e cemitério/crematório j ("custo de transporte")

Uma premissa importante de nossa análise é que o número atual de corpos recebidos por cada cemitério/crematório j (b_j) é um indicador da capacidade total de sepultamento deste cemitério/crematório. O problema então consiste em encontrar as quantidades de vítimas x_{ij} a serem transportadas do hospital i para o cemitério/crematório j de modo a minimizar a soma de fluxo multiplicado por custo para cada conexão entre hospitais e cemitérios/crematórios, respeitando o número de óbitos que acontecem nos hospitais e que precisam ser sepultados ou cremados:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n)$$

Utilizamos o algoritmo simplex para encontrar a solução ótima para o problema de transporte (Bertsimas & Tsitsiklis, 1997). Após encontrar a solução ótima (*i.e.*, valores de x_{ij} que minimizam o custo total de transporte entre hospitais e cemitérios/crematórios considerando suas distâncias geográficas), computamos a

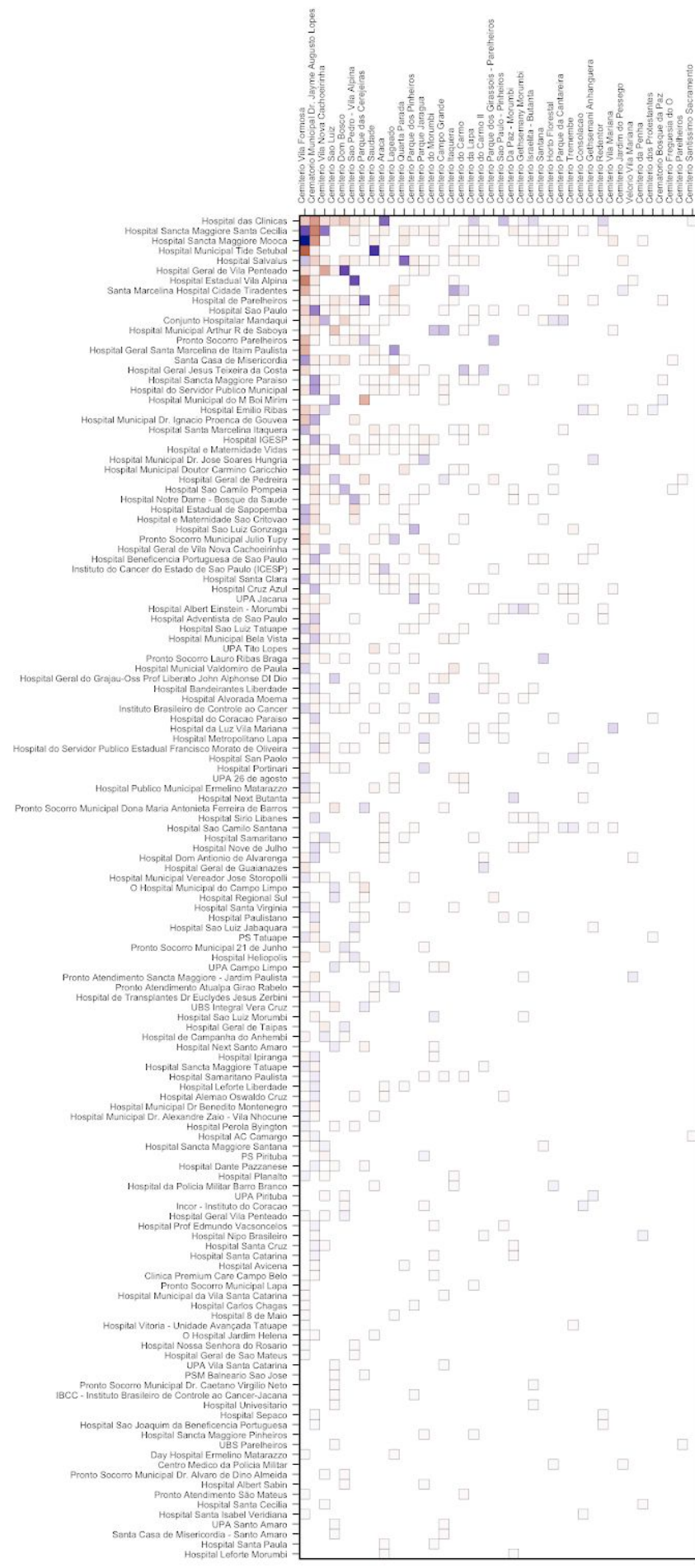
diferença entre a rede atual de fluxo de vítimas (matriz **Q**, **Figura 1**) e a rede ótima encontrada pelo algoritmo simplex (matriz **X**). Especificamente, calculamos a mudança no fluxo entre **X** e **Q** para cada par de hospital i e cemitério/crematório j : $x_{ij} - q_{ij}$, onde q_{ij} corresponde ao fluxo observado de vítimas suspeitas e confirmadas (elemento da matriz **Q** descrita anteriormente) de COVID-19.

Nossa otimização do transporte de vítimas de hospitais para cemitérios/crematórios resultou em uma diminuição de 38% no custo médio, medido em metros percorridos por vítima transportada. Sendo $T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$ = 1.624 o número total de óbitos observados, o custo médio atual (*i.e.*, usando a

matriz **Q**) é de $\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} q_{ij}}{T} = 9.868$ metros por vítima, enquanto que o custo médio

otimizado (*i.e.*, usando a matriz **X**) é de $\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}}{T} = 6.150$ metros por vítima. Nossos

resultados indicam que aproximadamente 88% do fluxo entre hospitais e cemitérios/crematórios está dentro do previsto pelo fluxo ótimo (**Figura 6**, elementos em branco). No entanto, aproximadamente 12% do fluxo de corpos necessitaria de mudanças para minimizar as distâncias percorridas e não sobrecarregar cemitérios e crematórios. Na **Figura 6**, células azuis indicam uma sugestão de aumento de fluxo (*i.e.*, $x_{ij} - q_{ij} > 0$), enquanto células vermelhas indicam uma sugestão de diminuição de fluxo (*i.e.*, $x_{ij} - q_{ij} < 0$). Com base na **Figura 6**, podemos detectar os hospitais que mais necessitam de mudanças logísticas de modo a diminuir as distâncias percorridas (*i.e.*, custos de transporte): (1) Hospital das Clínicas, (2) Hospital Sancta Maggiore - Santa Cecília, (3) Hospital Sancta Maggiore - Mooca (4) Hospital Municipal Tide Setubal e (5) Hospital Salvalus. Por exemplo, os óbitos provenientes do Hospital da Clínicas entre 02/04/2020 e 28/04/2020 (63 óbitos) poderiam ser redistribuídos entre os cemitérios/crematórios de modo a aumentar o fluxo para o Cemitério do Araçá (+25 vítimas), Cemitério São Paulo - Pinheiros (+10 vítimas), Cemitério da Lapa (+8 vítimas), Cemitério Redentor (+6 vítimas), Cemitério Israelita - Butantã (+2 vítimas), Cemitério Gethsêmani Morumbi (+2 vítimas) e Cemitério Santíssimo Sacramento (+1 vítima). Além disso, nossa análise sugere uma diminuição no fluxo do Hospital da Clínicas para o Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes (-18 vítimas), Cemitério Dom Bosco (-10 vítimas), Cemitério Vila Formosa (-10 vítimas), Cemitério São Luiz (-7 vítimas), Cemitério Vila Nova Cachoeirinha (-6 vítimas), Cemitério Parque das Cerejeiras (-3 vítimas), Cemitério São Pedro - Vila Alpina (-3 vítimas) e Cemitério Campo Grande (-1 vítima). É importante ressaltar que a sugestão em relação à diminuição do fluxo para as localidades acima listadas encontra-se alinhada com os resultados que encontramos para as localidades mais vulneráveis do sistema (**Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes, Cemitério Vila Formosa, Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, Cemitério São Pedro - Vila Alpina, Tabela 3**). Dessa forma, uma diminuição de fluxo para os cemitérios listados resultaria em uma alteração na estrutura da rede que conecta hospitais e cemitérios/crematórios, contribuindo para a redução da vulnerabilidade desses locais.



Mudança sugerida (número de vítimas)

40
20
0
-20

Figura 6. Mudanças sugeridas ($x_{ij} - q_{ij}$) com base na análise de otimização para o fluxo de vítimas de COVID-19 entre hospitais (linhas) e cemitérios/crematórios (colunas) da cidade de São Paulo. Células em azul indicam uma sugestão de aumento no fluxo ($x_{ij} - q_{ij} > 0$) e células em vermelho indicam uma sugestão de diminuição no fluxo ($x_{ij} - q_{ij} < 0$). Células em branco indicam que o fluxo não precisa ser alterado ($x_{ij} - q_{ij} = 0$). Hospitais estão ordenados pela quantidade de mudança total no fluxo.

3. Limitações das análises

Toda e qualquer análise representa uma abstração da realidade com objetivo de aumentar nosso entendimento em relação a um determinado problema. Conseqüentemente, essa abstração resulta em limitações de acordo com a abordagem adotada para compreender o problema. Destacamos abaixo algumas limitações associadas às nossas abordagens. Adicionalmente, ressaltamos a importância de dados que no momento não estão disponíveis para que possamos refinar nossas inferências e, assim, informar de forma mais eficiente a tomada de decisões. É importante ressaltar que nosso foco neste relatório é de manejo de vítimas, isto é, fornecer uma descrição do fluxo de vítimas entre hospitais e cemitérios e crematórios e propor mudanças na distribuição dos sepultamentos com base na distância geográfica entre hospitais e cemitérios/crematórios. Neste trabalho, nós **não** focamos na otimização da capacidade de leitos disponíveis nos hospitais nem tampouco na possível limitação de espaço em cemitérios e crematórios.

Dados relativos à quantidade de corpos que os cemitérios e crematórios são capazes de manejar por dia: os dados sobre óbitos disponíveis não consideram o tamanho do espaço físico disponível, nem a capacidade suporte dos cemitérios e crematórios, isto é, quantos corpos podem ser enterrados ou cremados por dia. Sendo assim, nossos resultados são dependentes da amostragem atual, com base no fluxo de vítimas observado e não consideram uma possível saturação do sistema funerário.

Qualquer estimativa de capacidade de suporte dos cemitérios e crematórios nos ajudaria a refinar as nossas análises.

Otimização do fluxo de vítimas de COVID-19 entre hospitais e cemitérios/crematórios: gostaríamos de ressaltar que nossa análise de otimização se baseia nos dados atuais de óbitos por hospitais, direcionamento de vítimas à cemitérios/crematórios e nas distâncias geográficas entre eles. Uma premissa de nossa análise é que quanto maior a distância entre um hospital e um cemitério/crematório, maior será o custo de transporte em termos de recursos e tempo. Nossa expectativa é que estes custos passem a ser mais relevantes à medida que o fluxo de vítimas pela cidade de São Paulo aumente. Utilizamos uma linha reta (em metros) calculada com base nas coordenadas geográficas de cada hospital e cemitério/crematório como uma aproximação para a distância entre eles. Em análises futuras, esperamos utilizar distâncias mais precisas que considerem rotas viárias de transporte. Uma outra premissa importante de nossa análise é que o número atual de vítimas recebido por cada cemitério/crematório reflete a

capacidade de suporte do cemitério/crematório. Idealmente, dados sobre a real capacidade de suporte de cada cemitério/crematório seriam mais adequados para o problema de otimização e esperamos incrementar nossas análises com estes dados o mais breve possível.

Quantidade de óbitos por hospital/região da cidade de São Paulo: nossa análise de fluxo pressupõe que a distribuição do número de óbitos entre hospitais se mantém constante ao longo do tempo. Entretanto, como a análise de vulnerabilidade indica, os diferentes hospitais da cidade de São Paulo apresentam graus de vulnerabilidade distintos, o que ao longo do tempo pode alterar a distribuição de óbitos entre os hospitais. Somado a isso, a progressão da COVID-19 nas diferentes regiões da cidade de São Paulo tem ocorrido de forma não-uniforme, ou seja, a vulnerabilidade das regiões e distribuição de casos entre elas muda constantemente. **Estimativas sobre ocupação de leitos por hospitais ou ainda dados preditivos sobre a expectativa de óbitos** em curto espaço de tempo podem ser incorporados em nossas análises, refinando nossas previsões e aumentando nossa compreensão sobre o fluxo observado na rede entre hospitais e cemitérios/crematórios e propondo soluções de otimização do fluxo.

4. Agradecimentos

Nossos especiais agradecimentos ao Coronel Eduardo Migon (Exército Brasileiro), Marcelo Gomes (Fiocruz) e a Roberto Kraenkel (IFT-UNESP). À FAPESP, CAPES e CNPq por financiarem nossos grupos de pesquisa.

5. Referências

Amaral, L. A. N., Scala, A., Barthelemy, M., & Stanley, H. E. (2000). Classes of small-world networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 97(21), 11149-11152.

Bertsimas, D., & Tsitsiklis, J. N. (1997). *Introduction to linear optimization* (Vol. 6, pp. 479-530). Belmont, MA: Athena Scientific.

Brandes, U.; Delling, D.; Gaertler, M.; Gorke, R.; Hoefer, M.; Nikoloski, Z.; Wagner, D. (2008). On Modularity Clustering. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 20 (2): 172–188.

Guimarães *et al.* (2017). Indirect effects drive coevolution in mutualistic networks. *Nature*, 550: 511-514.

Katz, L. (1953). A new status index derived from sociometric analysis. *Psychometrika*, 18(1), 39-43.

Newman, M. E. J. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 103 (23): 8577–8696.

6. Tabelas

Tabela 2. Tabela de hospitais e cemitérios apresentados nas Figuras 1 e 2 com seus respectivos módulos

Nome	Número	Módulo
Conjunto Hospitalar Mandaqui	1	3
Hospital Alemão Oswaldo Cruz	2	4
Hospital Bandeirantes Liberdade	3	4
Hospital Cruz Azul	4	4
Hospital das Clínicas	5	3
Hospital de Parelheiros	6	2
Hospital do Servidor Público Estadual Francisco Morato de Oliveira	7	4
Hospital do Servidor Público Municipal	8	4
Hospital Dom Antonio de Alvarenga	9	2
Hospital IGESP	10	4
Hospital Leforte Liberdade	11	4
Hospital Leforte Morumbi	12	4
Hospital Metropolitano Lapa	13	3
Hospital Notre Dame - Bosque da Saúde	14	4
Hospital Nove de Julho	15	4
Hospital Salvalus	16	4
Hospital Samaritano	17	4
Hospital Sancta Maggiore Paraíso	18	4
Hospital Sancta Maggiore Santa Cecília	19	4
Hospital Santa Clara	20	2
Hospital Santa Paula	21	4
Hospital São Camilo Pompéia	22	4
Hospital São Camilo Santana	23	4
Hospital São Luiz Gonzaga	24	3
Hospital Sírio Libanês	25	4
Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP)	26	3
Pronto Atendimento Sancta Maggiore - Jardim Paulista	27	4

Santa Casa de Misericórdia	28	2
Hospital Geral de Pedreira	29	1
Hospital Geral do Grajaú-Oss Prof Liberato John Alphonse DI Dio	30	1
Hospital Municipal Arthur R de Saboya	31	1
Hospital Municipal Bela Vista	32	1
Hospital Municipal do M'Boi Mirim	33	1
Hospital Samaritano Paulista	34	3
Hospital São Paulo	35	1
Pronto Socorro Municipal Dona Maria Antonieta Ferreira de Barros	36	1
Santa Casa de Misericórdia - Santo Amaro	37	1
UPA Campo Limpo	38	1
UPA Santo Amaro	39	1
Hospital Beneficencia Portuguesa de São Paulo	40	4
Hospital Next Butanta	41	2
Hospital Santa Isabel Veridiana	42	4
Hospital da Luz Vila Mariana	43	4
Hospital Sancta Maggiore Mooca	44	4
Hospital Santa Catarina	45	4
Hospital Santa Cruz	46	4
Hospital Santa Cecília	47	4
Hospital e Maternidade São Cristóvão	48	4
Hospital Municipal Doutor Carmino Caricchio	49	2
Hospital Público Municipal Ermelino Matarazzo	50	2
Hospital Santa Marcelina Itaquera	51	2
Hospital São Luiz Tatuape	52	4
Pronto Atendimento São Mateus	53	4
UPA 26 de agosto	54	2
Hospital Geral Jesus Teixeira da Costa	55	2
Hospital Municipal Waldomiro de Paula	56	2
Hospital Nipo Brasileiro	57	4
Hospital Sancta Maggiore Tatuapé	58	4
Hospital Albert Einstein - Morumbi	59	4

Hospital do Coração Paraíso	60	4
Hospital Ipiranga	61	4
Hospital Next Santo Amaro	62	1
Hospital Prof Edmundo Vasconcelos	63	4
Ama Jardim Peri	64	3
Hospital Albert Sabin	65	3
Hospital de Campanha do Anhembi	66	2
Hospital Geral de Taipas	67	3
Hospital Geral de Vila Nova Cachoeirinha	68	3
Hospital Geral de Vila Penteado	69	3
Hospital Geral Vila Penteado	70	3
Hospital Heliópolis	71	2
Hospital Municipal Dr. Jose Soares Hungria	72	3
Hospital Portinari	73	3
Incor - Instituto do Coração	74	3
Instituto Brasileiro de Controle ao Câncer	75	2
Pronto Socorro Lauro Ribas Braga	76	3
Pronto Socorro Municipal 21 de Junho	77	3
Pronto Socorro Municipal Dr. Álvaro de Dino Almeida	78	3
Pronto Socorro Parelheiros	79	2
PS Lapa	80	3
PS Perus	81	3
UPA Perus	82	3
UPA Pirituba	83	3
PS Tatuapé	84	4
Hospital Emílio Ribas	85	2
Hospital Sao Luiz Jabaquara	86	4
Hospital Alvorada Moema	87	4
Hospital Paulistano	88	4
Hospital São Luiz Morumbi	89	4
Hospital da Policia Militar Barro Branco	90	2
Hospital Estadual Vila Alpina	91	2

Hospital Municipal Tide Setubal	92	2
Hospital Planalto	93	2
Hospital Santa Virginia	94	2
Centro Medico da Policia Militar	95	4
Day Hospital Ermelino Matarazzo	96	2
Hospital Central Guaianases	97	2
Hospital e Maternidade Vidas	98	1
Pronto Socorro Municipal Julio Tupy	99	2
Santa Marcelina Hospital Cidade Tiradentes	100	2
UPA Tito Lopes	101	2
UPA Jaçanã	102	3
Hospital Dante Pazzanese	103	1
Hospital Regional Sul	104	1
O Hospital Municipal do Campo Limpo	105	1
UBS Integral Vera Cruz	106	1
Hospital Adventista de São Paulo	107	3
UBS Parelheiros	108	1
Hospital Municipal Vereador José Storopoli	109	2
Hospital Sancta Maggiore Pinheiros	110	3
PS Pirituba	111	3
Hospital Estadual de Sapopemba	112	2
Hospital Sao Joaquim da Beneficência Portuguesa	113	4
Hospital Sepaco	114	4
Hospital Sancta Maggiore Santana	115	4
Hospital AC Camargo	116	4
Hospital Pérola Byington	117	2
Hospital Universitário	118	1
IBCC - Instituto Brasileiro de Controle ao Câncer-Jaçanã	119	1
Pronto Socorro Municipal Dr. Caetano Virgilio Neto	120	1
PSM Balneário São José	121	1
UPA Vila Santa Catarina	122	1
Hospital Geral de São Mateus	123	2

Hospital Municipal Dr. Ignacio Proenca de Gouvea	124	2
Hospital Nossa Senhora do Rosário	125	2
Hospital de Transplantes Dr Euclides Jesus Zerbini	126	2
Hospital Geral Santa Marcelina de Itaim Paulista	127	2
Hospital Municipal Dr. Alexandre Zaio - Vila Nhocuné	128	2
O Hospital Jardim Helena	129	4
Pronto Atendimento Atualpa Girao Rabelo	130	2
Hospital Presidente	131	3
Hospital San Paolo	132	3
Hospital Vitória - Unidade Avançada Tatuapé	133	3
Hospital 8 de Maio	134	2
Hospital Carlos Chagas	135	2
Hospital Geral de Guaianazes	136	2
Hospital Geral São Mateus	137	2
Hospital Independência	138	2
Hospital Municipal da Vila Santa Catarina	139	2
Hospital Municipal Dr Benedito Montenegro	140	2
Hospital Villa Lobos	141	2
Pronto Socorro Municipal Lapa	142	2
Hospital Oswaldo Cruz	143	4
Hospital Maternidade Vila Nova Cachoeirinha	144	3
Clinica Premium Care Campo Belo	145	4
Hospital Aviccena	146	4
O Hospital São Camilo Ipiranga	147	4
Cemitério Araçá	148	4
Cemitério Campo Grande	149	1
Cemitério Consolação	150	4
Cemitério da Lapa	151	4
Cemitério Da Paz - Morumbi	152	4
Cemitério da Penha	153	4
Cemitério do Carmo	154	4
Cemitério do Carmo II	155	4

Cemitério do Morumbi	156	4
Cemitério Dom Bosco	157	3
Cemitério dos Protestantes	158	4
Cemitério Freguesia do Ó	159	2
Cemitério Gethsêmani Anhanguera	160	3
Cemitério Gethsêmani Morumbi	161	4
Cemitério Horto Florestal	162	4
Cemitério Israelita - Butantã	163	4
Cemitério Itaquera	164	2
Cemitério Jardim do Pêssego	165	4
Cemitério Lageado	166	2
Cemitério Parelheiros	167	1
Cemitério Parque da Cantareira	168	3
Cemitério Parque das Cerejeiras	169	1
Cemitério Parque dos Girassóis - Parelheiros	170	1
Cemitério Parque dos Pinheiros	171	4
Cemitério Parque Jaraguá	172	3
Cemitério Quarta Parada	173	4
Cemitério Redentor	174	4
Cemitério Santana	175	4
Cemitério Santíssimo Sacramento	176	4
Cemitério São Luiz	177	1
Cemitério São Paulo - Pinheiros	178	4
Cemitério São Pedro - Vila Alpina	179	2
Cemitério Saudade	180	2
Cemitério Tremembé	181	3
Cemitério Vila Formosa	182	2
Cemitério Vila Mariana	183	4
Cemitério Vila Nova Cachoeirinha	184	3
Crematório Bosque da Paz	185	2
Crematório Memorial Parque Paulista	186	3
Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes	187	4

Velório Vila Mariana	188	2
----------------------	-----	---

Tabela 2. Índice de vulnerabilidade (Vul) dos hospitais da cidade de São Paulo quanto à mortalidade por suspeitos e confirmados com COVID-19 entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2015. Quanto maior o índice, maior também o potencial daquele local em servir como ponto de origem de vítimas.

Locais	Vulnerabilidade	Classe
Hospital Municipal Tide Setubal	0.397	Alta
Hospital Municipal Doutor Carmino Caricchio	0.367	Alta
Hospital Santa Marcelina Itaquera	0.335	Alta
Hospital Estadual Vila Alpina	0.312	Alta
Hospital Estadual De Sapopemba	0.25	Alta
Hospital Municipal Vereador José Storopoli	0.232	Alta
Hospital Municipal Waldomiro De Paula	0.231	Alta
Hospital Das Clínicas	0.221	Alta
Hospital Público Municipal Ermelino Matarazzo	0.209	Alta
Santa Casa De Misericórdia	0.19	Alta
Santa Marcelina Hospital Cidade Tiradentes	0.179	Alta
Hospital Sancta Maggiore Santa Cecília	0.175	Alta
Hospital Salvalus	0.17	Alta
Hospital Geral Santa Marcelina De Itaim Paulista	0.17	Alta
Pronto Socorro Parelheiros	0.154	Alta
Hospital Geral De São Mateus	0.144	Alta
Hospital Municipal Dr. Ignacio Proenca De Gouvea	0.139	Alta
Hospital São Paulo	0.123	Alta
Hospital Geral De Vila Penteadado	0.12	Alta
Upa Tito Lopes	0.12	Alta
Hospital Emílio Ribas	0.112	Alta
Hospital Do Servidor Público Municipal	0.105	Alta
Pronto Socorro Municipal Julio Tupy	0.1	Alta
Conjunto Hospitalar Mandaqui	0.096	Alta
Hospital Santa Clara	0.094	Alta
Hospital Geral Jesus Teixeira Da Costa	0.092	Alta

Hospital Sancta Maggiore Mooca	0.084	Alta
Hospital Municipal Dr. Alexandre Zaio - Vila Nhocuné	0.076	Alta
Instituto Brasileiro De Controle Ao Câncer	0.071	Alta
Hospital Beneficencia Portuguesa De São Paulo	0.067	Alta
Hospital Sancta Maggiore Paraíso	0.065	Alta
Hospital Geral De Pedreira	0.065	Alta
Hospital Geral De Vila Nova Cachoeirinha	0.065	Alta
Hospital São Luiz Gonzaga	0.064	Alta
Hospital e Maternidade Vidas	0.063	Alta
Hospital De Parelheiros	0.057	Alta
Hospital Municipal Dr Benedito Montenegro	0.055	Alta
Upa Jaçanã	0.052	Alta
Hospital Municipal Arthur R De Saboya	0.051	Alta
Upa 26 De Agosto	0.05	Alta
Hospital E Maternidade São Cristóvão	0.049	Alta
Hospital Adventista De São Paulo	0.049	Alta
Hospital Geral De Guaianazes	0.048	Alta
Hospital Bandeirantes Liberdade	0.046	Intermediária
Instituto Do Câncer Do Estado De São Paulo (Icesp)	0.042	Intermediária
Hospital Next Butanta	0.04	Intermediária
Pronto Socorro Lauro Ribas Braga	0.04	Intermediária
Hospital Heliópolis	0.037	Intermediária
Hospital Ipiranga	0.036	Intermediária
Hospital Municipal Do M'Boi Mirim	0.035	Intermediária
Hospital Municipal Dr. Jose Soares Hungria	0.027	Intermediária
Hospital Portinari	0.026	Intermediária
Hospital Dom Antonio De Alvarenga	0.025	Intermediária
Hospital Igesp	0.025	Intermediária
Hospital Nove De Julho	0.025	Intermediária
Hospital De Campanha Do Anhembi	0.025	Intermediária
Pronto Atendimento Atualpa Girao Rabelo	0.025	Intermediária
Hospital Albert Einstein - Morumbi	0.024	Intermediária

Hospital Metropolitan Lapa	0.022	Intermediária
Hospital Sao Camilo Pompeia	0.022	Intermediária
Hospital San Paolo	0.022	Intermediária
Hospital São Luiz Tatuape	0.021	Intermediária
Ps Tatuapé	0.021	Intermediária
Hospital Sancta Maggiore Tatuapé	0.02	Intermediária
Hospital Geral De Taipas	0.02	Intermediária
Hospital Ac Camargo	0.02	Intermediária
Hospital Geral Do Grajaú-Oss Prof Liberato John Alphonse Di Dio	0.019	Intermediária
Hospital Santa Virginia	0.019	Intermediária
O Hospital Municipal Do Campo Limpo	0.019	Intermediária
Hospital Alemão Oswaldo Cruz	0.018	Intermediária
Hospital Notre Dame - Bosque Da Saúde	0.018	Intermediária
Hospital Municipal Bela Vista	0.018	Intermediária
Hospital Geral Vila Penteado	0.018	Intermediária
Hospital Santa Catarina	0.016	Intermediária
Hospital Regional Sul	0.015	Intermediária
Hospital De Transplantes Dr Euclides Jesus Zerbini	0.015	Intermediária
Hospital Planalto	0.014	Intermediária
Hospital Leforte Liberdade	0.013	Intermediária
Hospital Do Coração Paraíso	0.013	Intermediária
Hospital Sao Luiz Jabaquara	0.013	Intermediária
Hospital Do Servidor Público Estadual Francisco Morato De Oliveira	0.012	Intermediária
Pronto Atendimento Sancta Maggiore - Jardim Paulista	0.012	Intermediária
Hospital Paulistano	0.012	Intermediária
Hospital Vitória - Unidade Avançada Tatuapé	0.012	Intermediária
Hospital 8 De Maio	0.012	Intermediária
Hospital Carlos Chagas	0.012	Intermediária
Hospital Geral São Mateus	0.012	Intermediária
Hospital Independência	0.012	Intermediária
Hospital Municipal Da Vila Santa Catarina	0.012	Intermediária
Hospital Villa Lobos	0.012	Intermediária

Pronto Socorro Municipal Lapa	0.012	Intermediária
Hospital Alvorada Moema	0.011	Intermediária
Hospital Cruz Azul	0.01	Intermediária
Hospital Da Luz Vila Mariana	0.009	Intermediária
Hospital Santa Cruz	0.009	Intermediária
Upa Campo Limpo	0.008	Intermediária
Hospital São Luiz Morumbi	0.008	Intermediária
Hospital Sepaco	0.008	Intermediária
Pronto Socorro Municipal 21 De Junho	0.006	Intermediária
Hospital Dante Pazzanese	0.006	Intermediária
Hospital Samaritano	0.005	Intermediária
Hospital Samaritano Paulista	0.005	Intermediária
Pronto Socorro Municipal Dona Maria Antonieta Ferreira De Barros	0.005	Intermediária
Ubs Integral Vera Cruz	0.005	Intermediária
O Hospital Jardim Helena	0.005	Intermediária
Hospital Nipo Brasileiro	0.004	Intermediária
Hospital Prof Edmundo Vasconcelos	0.004	Intermediária
Upa Perus	0.004	Intermediária
Hospital Sancta Maggiore Santana	0.004	Intermediária
Clinica Premium Care Campo Belo	0.004	Intermediária
Hospital Aviccena	0.004	Intermediária
O Hospital São Camilo Ipiranga	0.004	Intermediária
Upa Santo Amaro	0.003	Intermediária
Ps Lapa	0.003	Intermediária
Upa Pirituba	0.003	Intermediária
Ps Pirituba	0.003	Intermediária
Hospital Pérola Byington	0.003	Intermediária
Hospital Maternidade Vila Nova Cachoeirinha	0.003	Intermediária
Incor - Instituto Do Coração	0.002	Baixa
Hospital Da Policia Militar Barro Branco	0.002	Baixa
Hospital Central Guaianases	0.002	Baixa
Hospital Nossa Senhora Do Rosário	0.002	Baixa

Hospital Leforte Morumbi	0.001	Baixa
Hospital Santa Paula	0.001	Baixa
Hospital São Camilo Santana	0.001	Baixa
Hospital Sírio Libanês	0.001	Baixa
Santa Casa De Misericórdia - Santo Amaro	0.001	Baixa
Pronto Atendimento São Mateus	0.001	Baixa
Hospital Next Santo Amaro	0.001	Baixa
Ama Jardim Peri	0.001	Baixa
Hospital Albert Sabin	0.001	Baixa
Pronto Socorro Municipal Dr. Álvaro De Dino Almeida	0.001	Baixa
Ps Perus	0.001	Baixa
Day Hospital Ermelino Matarazzo	0.001	Baixa
Ubs Parelheiros	0.001	Baixa
Hospital Universitário	0.001	Baixa
Ibcc - Instituto Brasileiro De Controle Ao Câncer-Jaçanã	0.001	Baixa
Pronto Socorro Municipal Dr. Caetano Virgilio Neto	0.001	Baixa
Psm Balneário São José	0.001	Baixa
Upa Vila Santa Catarina	0.001	Baixa
Hospital Santa Isabel Veridiana	0	Baixa
Hospital Santa Cecília	0	Baixa
Centro Medico Da Policia Militar	0	Baixa
Hospital Sancta Maggiore Pinheiros	0	Baixa
Hospital Sao Joaquim Da Beneficência Portuguesa	0	Baixa
Hospital Presidente	0	Baixa
Hospital Oswaldo Cruz	0	Baixa

Tabela 3. Índice de vulnerabilidade (Vul) dos Cemitérios e Crematórios da cidade de São Paulo quanto à mortalidade por suspeitos e confirmados com COVID-19 entre os dias 02/04/2020 e 28/04/2015. Quanto maior o índice, maior o potencial do local em receber vítimas.

Locais	Vul	Classe
Cemitério Vila Formosa	1	Alta
Crematório Municipal Dr. Jayme Augusto Lopes	0.325	Alta
Cemitério São Pedro - Vila Alpina	0.126	Alta
Cemitério Saudade	0.11	Alta
Cemitério Vila Nova Cachoeirinha	0.102	Alta
Cemitério Dom Bosco	0.095	Alta
Cemitério São Luiz	0.092	Alta
Cemitério Itaquera	0.073	Alta
Cemitério Lageado	0.053	Alta
Cemitério Quarta Parada	0.051	Alta
Cemitério Araçá	0.028	Intermediária
Cemitério Parque das Cerejeiras	0.028	Intermediária
Cemitério Parque dos Pinheiros	0.028	Intermediária
Cemitério do Carmo	0.02	Intermediária
Cemitério do Carmo II	0.018	Intermediária
Cemitério Campo Grande	0.017	Intermediária
Cemitério da Lapa	0.017	Intermediária
Cemitério Parque Jaraguá	0.017	Intermediária
Cemitério do Morumbi	0.013	Intermediária
Cemitério Horto Florestal	0.013	Intermediária
Cemitério Parque da Cantareira	0.012	Intermediária
Cemitério Da Paz - Morumbi	0.008	Intermediária
Cemitério Gethsêmani Morumbi	0.008	Intermediária
Cemitério Parque dos Girassóis - Parelheiros	0.006	Intermediária
Cemitério Santana	0.006	Intermediária
Cemitério Tremembé	0.006	Intermediária
Velório Vila Mariana	0.006	Intermediária
Cemitério Consolação	0.005	Intermediária

Cemitério Redentor	0.005	Intermediária
Cemitério Gethsêmani Anhanguera	0.004	Intermediária
Cemitério Israelita - Butantã	0.004	Intermediária
Cemitério Jardim do Pêssego	0.004	Intermediária
Cemiterio Sao Paulo - Pinheiros	0.004	Intermediária
Cemitério Vila Mariana	0.004	Intermediária
Cemitério Freguesia do Ó	0.003	Intermediária
Crematório Memorial Parque Paulista	0.003	Intermediária
Crematório Bosque da Paz	0.002	Baixa
Cemitério da Penha	0.001	Baixa
Cemitério dos Protestantes	0.001	Baixa
Cemitério Parelheiros	0.001	Baixa
Cemitério Santíssimo Sacramento	0.001	Baixa