



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA  
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

# Construção do Grafo de Infecção

Pedro Guimarães Caninas  
Orientador - Álvaro Junio Pereira Franco

Florianópolis  
2022

# Sumário

1	Estruturando o Grafo e Coleta de Dados	2
2	Obtendo Valores SIR	3
3	Implementação do Modelo	4



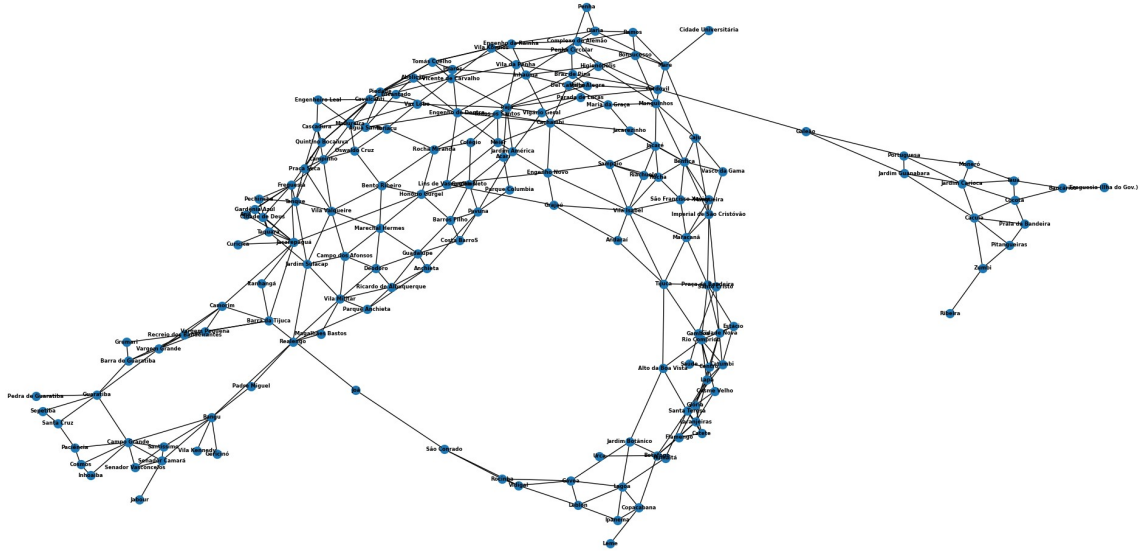


Figura 2: Grafo do Rio de Janeiro

## 2 Obtendo Valores SIR

O ultimo passo antes da implementação era obter a população de cada bairro. Para isso foi consultado o site do IBGE, mas sem sucesso, já que nele não foi possível encontrar as tabelas referentes a população por bairro do município do Rio de Janeiro, apenas dados sobre a população geral dos municípios e de unidades federativas, por causa disso foi necessário procurar em outras fontes oficiais, como em sites do Estado ou de prefeituras do Rio. O portal Data.Rio, site de divulgação de dados mantido pelo Instituto Pereira Passos, foi a única fonte confiável encontrada que disponibilizava tabelas com os bairros do Município do Rio e suas respectivas populações (RIO, 2000/2010b), (RIO, 2000/2010a), (RIO, 2010).

Os arquivos de adjacências e nomes tiveram que ser alterados para entrar em conformidade com a tabela de população, já que em 2010 (data do censo IBGE) não existiam 3 bairros: Lapa, Vila Kennedy e Jabour. Com as tabelas em mãos e os arquivos ajustados foi criado o "arquivo grafo", um TXT que contém o nome de cada bairro seguido de suas adjacências e propriedades, por exemplo:

Copacabana, Ipanema, Botafogo, Leme, Lagoa/24, 146392, 0.2

Os nomes dos bairros e seus respectivos IDs foram retirados do arquivo citado anteriormente<sup>1</sup> e cruzados com o arquivo contendo a lista de adjacências (com os IDs dos bairros). Já a população foi obtida pela leitura da tabela 2973 (RIO, 2000/2010b) e o beta calculado a partir da formula  $\beta_{i \rightarrow j}^t = \frac{1}{\chi(i)+1}$ , sendo  $\chi(i)$  a quantidade de vizinhos do vértice  $i$  em questão. A partir desse arquivo o grafo poderia ser facilmente criado e, se necessário, modificado, mudando o script de criação do TXT, atualizando os dados que ele utiliza (como as populações) ou até mesmo trocando a cidade a ser utilizada na criação dele.

### 3 Implementação do Modelo

A implementação foi feita em Python utilizando a biblioteca Networkx para a criação e manipulação do grafo e foi realizada inicialmente de forma intuitiva, ou seja, sem muitas otimizações, com o objetivo de entender como representar o modelo computacionalmente e suas regras. Essa biblioteca permite criar um grafo e adicionar vértices e arestas, adicionar propriedades a eles e facilita mostrá-los graficamente.

Todo o modelo é implementado em uma classe chamada Modelo que necessita apenas de um argumento, o path para o "arquivo grafo"<sup>2</sup>. Dentro dela existem os seguintes atributos globais (que são universais para todos os vértices): taxa de virulência, taxa de recuperação, alpha (fator de distanciamento) e lambda (fração de pessoa que respeitam o distanciamento mas precisam sair e portanto infectados) separado por cada grupo S, I e R. A classe também tem os seguintes métodos: GerarGrafo() - constrói o grafo a partir da leitura do arquivo fornecido, PrintarGrafo() - mostra o grafo utilizando a biblioteca matplotlib, PrintarEstadoVertice() - mostra no console o estado de um vértice específico, PrintarGraficoSIRxT() - mostra um gráfico com os valores SIR ao longo do tempo e AvançarTempo( $t$ ) - o método onde de fato o modelo é implementado.

Esse último método é responsável por avançar  $t$  tempos ( $t \in \mathbb{N}$ ), ou seja, movimentar as pessoas no grafo. Ele inicialmente distribui pessoas de seus vértices  $i$  para vértices  $j$  vizinhos de acordo com o  $\beta$  de  $i$  e armazena em  $j$  quantos dessas pessoas (S, I e R) vieram do vértice  $i$ , exemplificando a estrutura de um vértice é a seguinte:

```
Copacabana: {  
  id: 24,  
  populacao: 146392,  
  SIRt0: {S: 126874, I: 19518, R: 0},  
  SIRd: {S: 48871, I: 7455, R: 2230}, SIRdd: {S: 13805, I: 3034, R: 729},  
  SIRddd: {Botafogo: {S: 5581, I: 1227, R: 296}, Lagoa: {S: 1419, I: 319, R: 78}, Leme:  
    {S: 3473, I: 781, R: 186}, Ipanema: {S: 5031, I: 1114, R: 266},  
  SIRdddantes: {S: 16347, I: 3040, R: 384},  
  beta: 0.2  
}
```

Onde SIRd é o  $\dot{S}, \dot{I}$  e  $\dot{R}$  (pessoas que respeitam o distanciamento social, calculado por  $\dot{S} = \alpha S$ ), SIRdd é o  $\ddot{S}, \ddot{I}$  e  $\ddot{R}$  (pessoas que não respeitam o distanciamento social, calculado por  $\ddot{S} = S - \dot{S}$ ), SIRddd é o  $\dddot{S}, \dddot{I}$  e  $\dddot{R}$  (pessoas de outros vértices que vieram para esse e portanto usam as taxas associadas a ele) e SIRdddantes é o total de pessoas SIRddd em  $t$ , para ser usado em cálculos durante a passagem de tempo em  $t+1$ , evitando a criação de inconsistências devido a valores SIRddd serem alterados durante o processo.

Após a distribuição das pessoas em  $t_0$  o processo de infecção começa, sendo calculada a probabilidade  $P\{\dot{Y}_{pi}^t\}$  para descobrir os valores de  $\dot{X}$ ,  $\ddot{X}$  e em seguida feita a infecção com base em adaptações e recortes para cada grupo (SIRd, SIRdd e SIRddd) das seguintes formulas:

$$\begin{aligned}
S^t &= S^{t-1} - \lfloor v(\dot{X}^{t-1} + \ddot{X}^{t-1}) \rfloor \\
I &= I^{t-1} - \lceil \epsilon I^{t-1} \rceil + \lfloor v(\dot{X}^{t-1} + \ddot{X}^{t-1}) \rfloor \\
R^t &= R^{t-1} + \lceil \epsilon I^{t-1} \rceil
\end{aligned} \tag{1}$$

(FRANCO, 2020)

Durante todo este processo são armazenados os valores SIR totais e seus respectivos tempo  $t$  para a visualização do problema a partir de um gráfico:

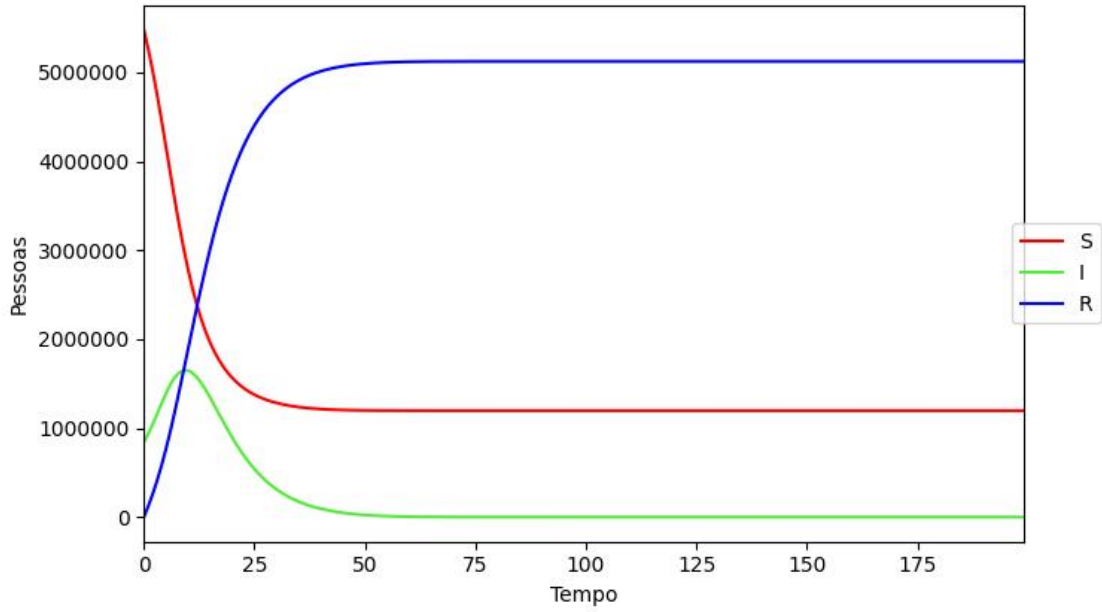


Figura 3: Gráfico de Infecção ao longo de 200 dias no grafo construído com valores: fração de infectados iniciais =  $\frac{2}{5}$ ,  $v = \frac{91}{200}$ ,  $\epsilon = \frac{29}{200}$ ,  $\alpha = \frac{2}{5}$ ,  $\lambda_S = \frac{2}{5}$ ,  $\lambda_I = \frac{1}{10}$ ,  $\lambda_R = \frac{3}{5}$

## Referências

FRANCO, Álvaro Junio Pereira. Epidemic Model with Restricted Circulation and Social Distancing on Some Network Topologies. In: SPRINGER. INTERNATIONAL Conference on Cellular Automata for Research and Industry. [S.l.: s.n.], 2020. p. 261–264.

RIO, Data. População residente por sexo e razão de sexos, segundo as Áreas de Planejamento (AP), Regiões de Planejamento (RP), Regiões Administrativas (RA) e Bairros no Município do Rio de Janeiro. **Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Tabela**, v. 3163, 2010.

\_\_\_\_\_. População residente, por grupos de idade e sexo, segundo as Áreas de Planejamento (AP), Regiões Administrativas (RA) e Bairros. **Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Tabela**, v. 2974, 2000/2010.

RIO, Data. População residente, por idade e por grupos de idade, segundo as Áreas de Planejamento (AP), Regiões Administrativas (RA) e Bairros. **Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Tabela**, v. 2973, 2000/2010.