

Simulação numérica de EDOs em um modelo epidemiológico que utiliza grafos

Pedro G. Caninas
(Sistemas de Informação)

Orientadores:

Prof. Priscila C. Calegari

Prof. Álvaro J. P. Franco

(Departamento de Informática e Estatística)

Introdução

- **Modelar situações do mundo real**
- **Entender que reações certas ações geram**

Motivações

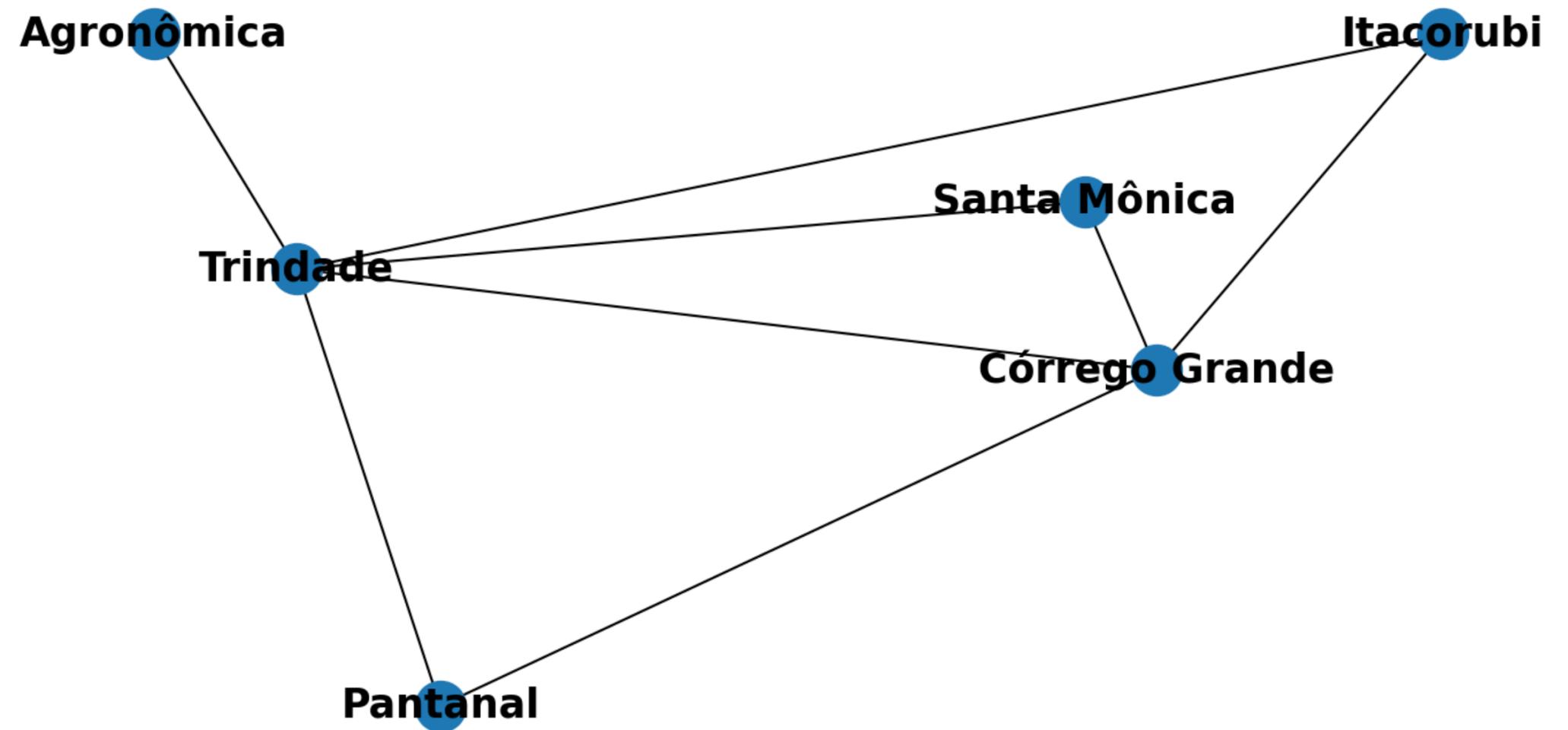
- **Pandemia de COVID-19**
 - **Importância da modelagem**
 - **Previsão e tomada de decisão**
 - **Diminuir pico de infectados**

Como modelar o mundo real?

Como modelar o mundo real?

Grafos

- Vértices
- Arestas

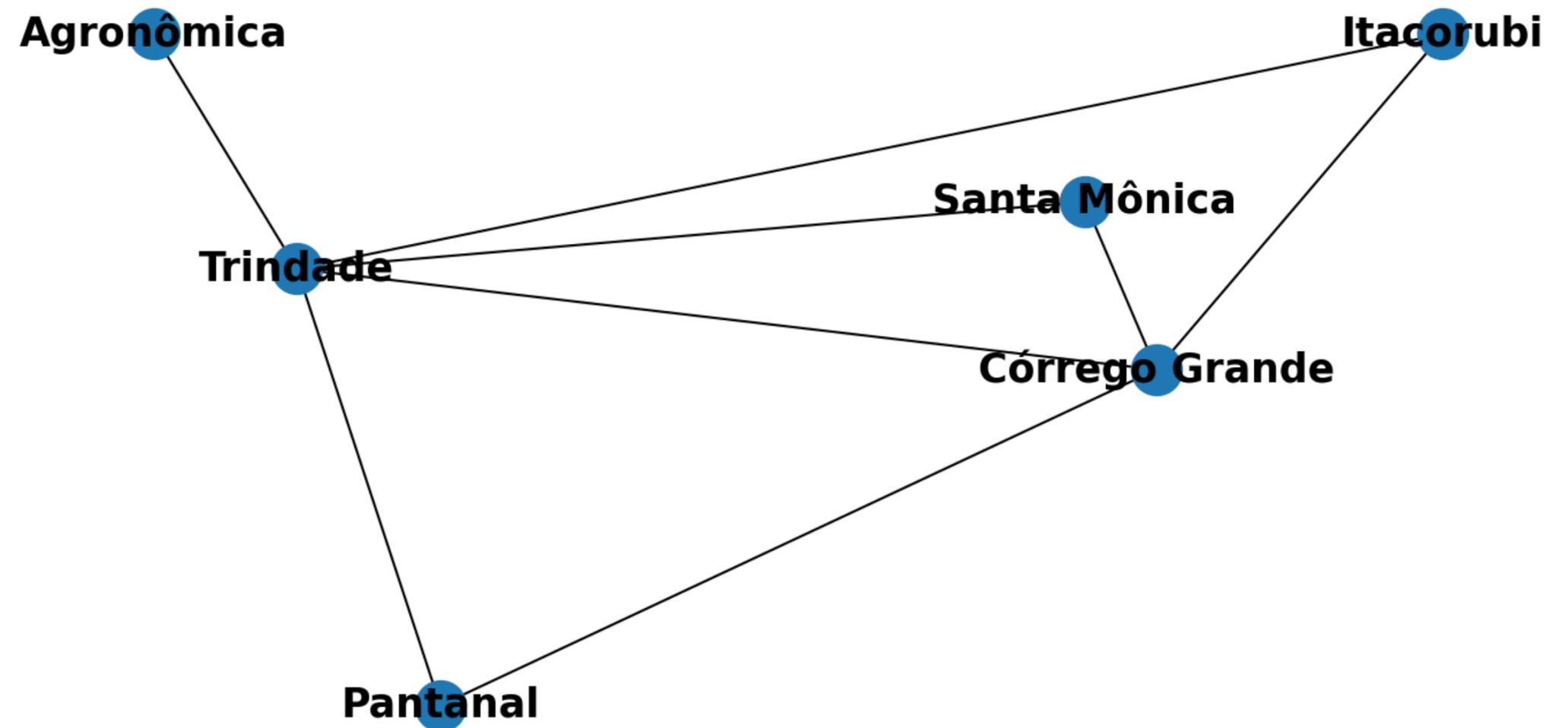


Como modelar o mundo real?

Grafos

- Vértices
- Arestas

-
- Bairros
 - Fronteiras
 - Pessoas



Modelagem Epidemiológica

Modelagem Epidemiológica

- **Dividir pessoas em grupos**
- **Definir a dinâmica entre grupos**

Modelagem Epidemiológica

- **Dividir pessoas em grupos**
- **Definir a dinâmica entre grupos**

S
I
R

Modelagem Epidemiológica

- **Dividir pessoas em grupos**
- **Definir a dinâmica entre grupos**

Suscetíveis

I

R

Modelagem Epidemiológica

- **Dividir pessoas em grupos**
- **Definir a dinâmica entre grupos**

Suscetíveis

Infectados

R

Modelagem Epidemiológica

- **Dividir pessoas em grupos**
- **Definir a dinâmica entre grupos**

Suscetíveis

Infectados

Recuperados

Modelagem Epidemiológica

- Dividir pessoas em grupos
- Definir a dinâmica entre grupos

Suscetíveis
Infectados
Recuperados



Modelagem Epidemiológica

Distanciamento

Modelagem Epidemiológica

Distanciamento

**Pessoas são separadas em
mais 2 grupos**

Modelagem Epidemiológica

Distanciamento

**Pessoas são separadas em
mais 2 grupos**

$\dot{S} \quad \dot{I} \quad \dot{R}$

**Respeitam o
distanciamento
social**

Modelagem Epidemiológica

Distanciamento

**Pessoas são separadas em
mais 2 grupos**

$\dot{S} \quad \dot{I} \quad \dot{R}$

**Respeitam o
distanciamento
social**

$\ddot{S} \quad \ddot{I} \quad \ddot{R}$

**Não respeitam o
distanciamento
social**

Modelagem Epidemiológica

Movimentação

Modelagem Epidemiológica

Movimentação

**Pessoas podem se movimentar
dentro do grafo**

Modelagem Epidemiológica

Movimentação

**Pessoas podem se movimentar
dentro do grafo**

$\dot{S} \quad \dot{I} \quad \dot{R}$

**Se movimentam
apenas dentro do
próprio bairro**

Modelagem Epidemiológica

Movimentação

Pessoas podem se movimentar dentro do grafo

$\dot{S} \dot{I} \dot{R}$

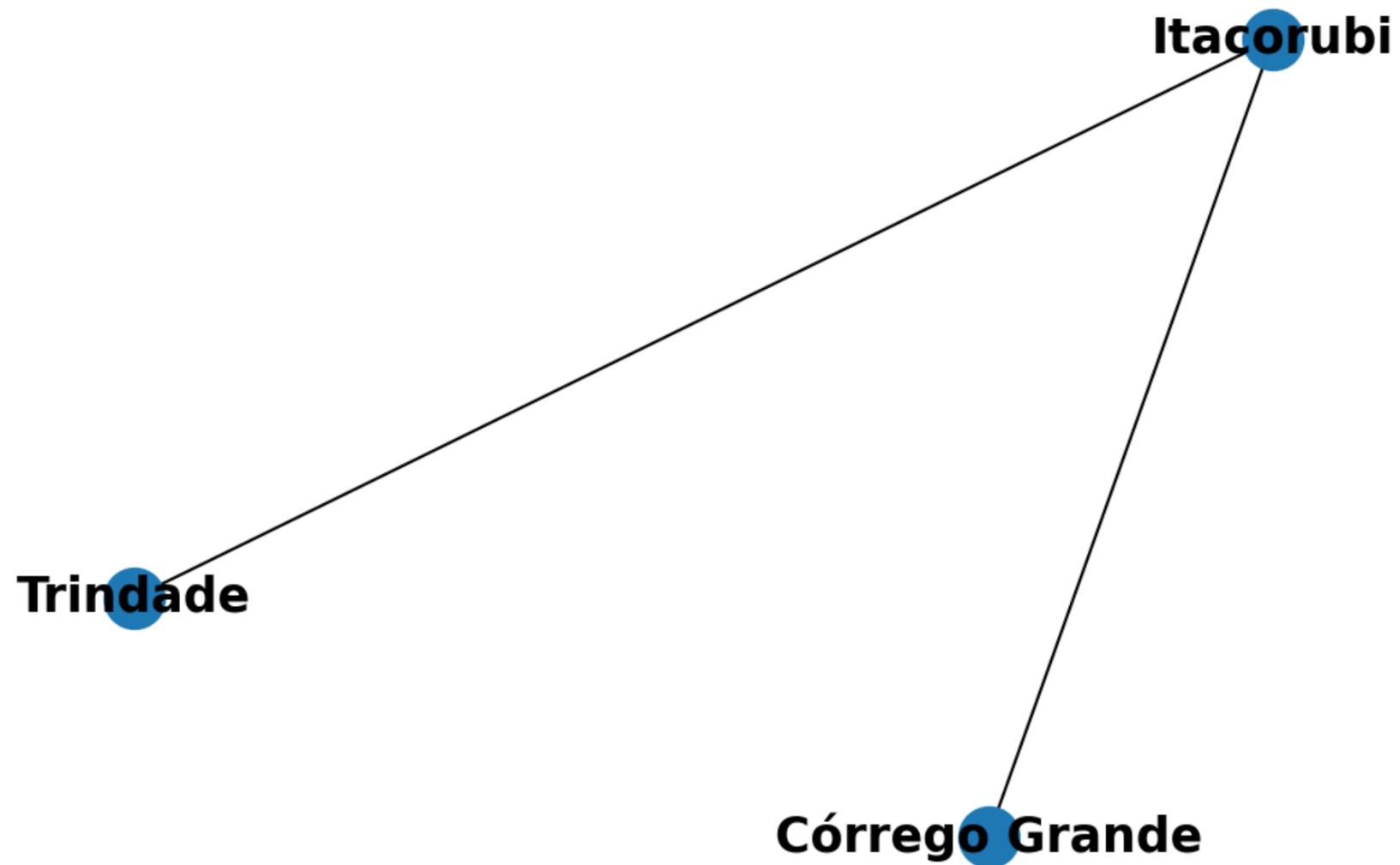
Se movimentam apenas dentro do próprio bairro

$\ddot{S} \ddot{I} \ddot{R}$

Se movimentam para bairros adjacentes

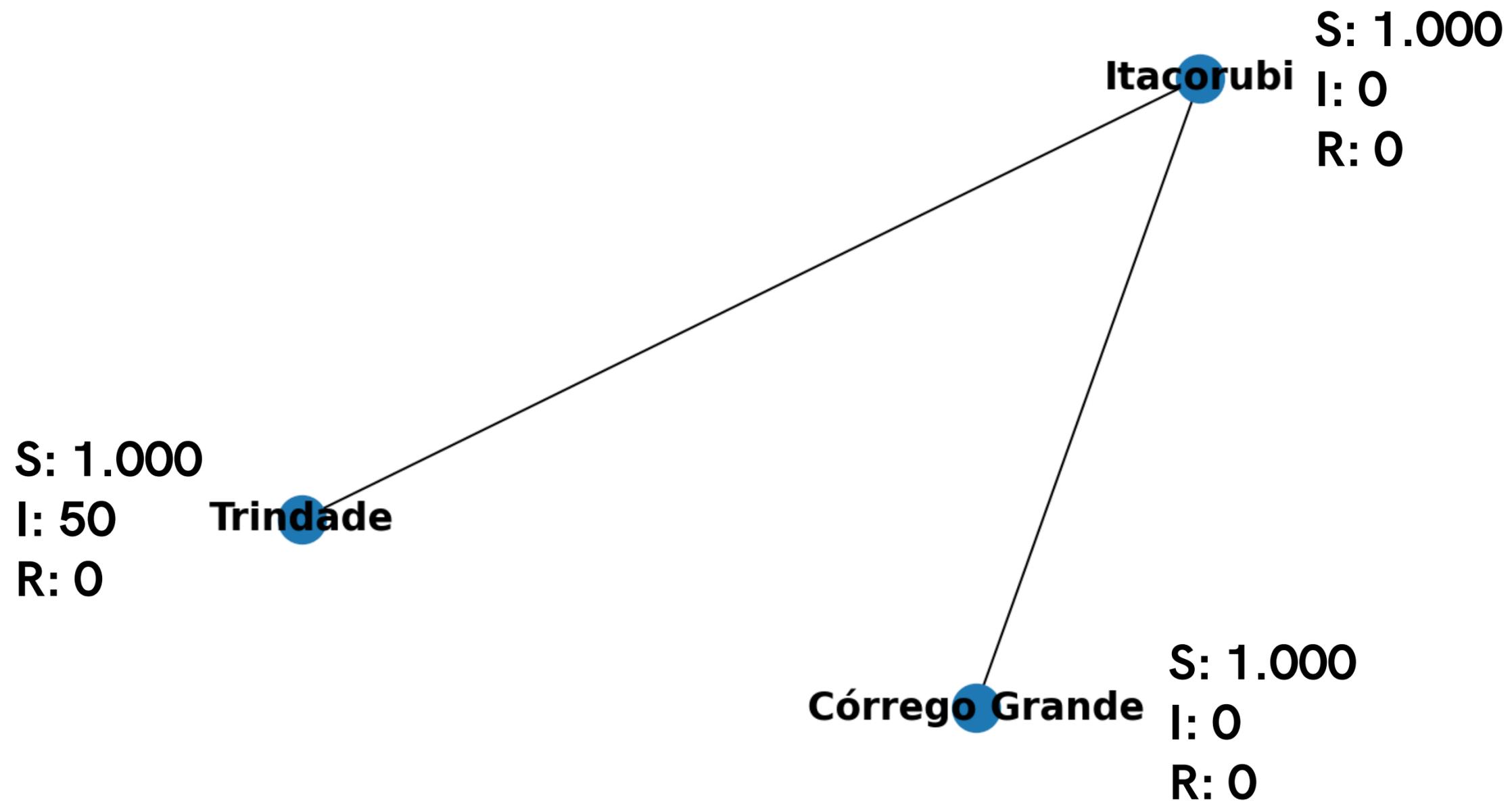
Modelagem Epidemiológica

Movimentação



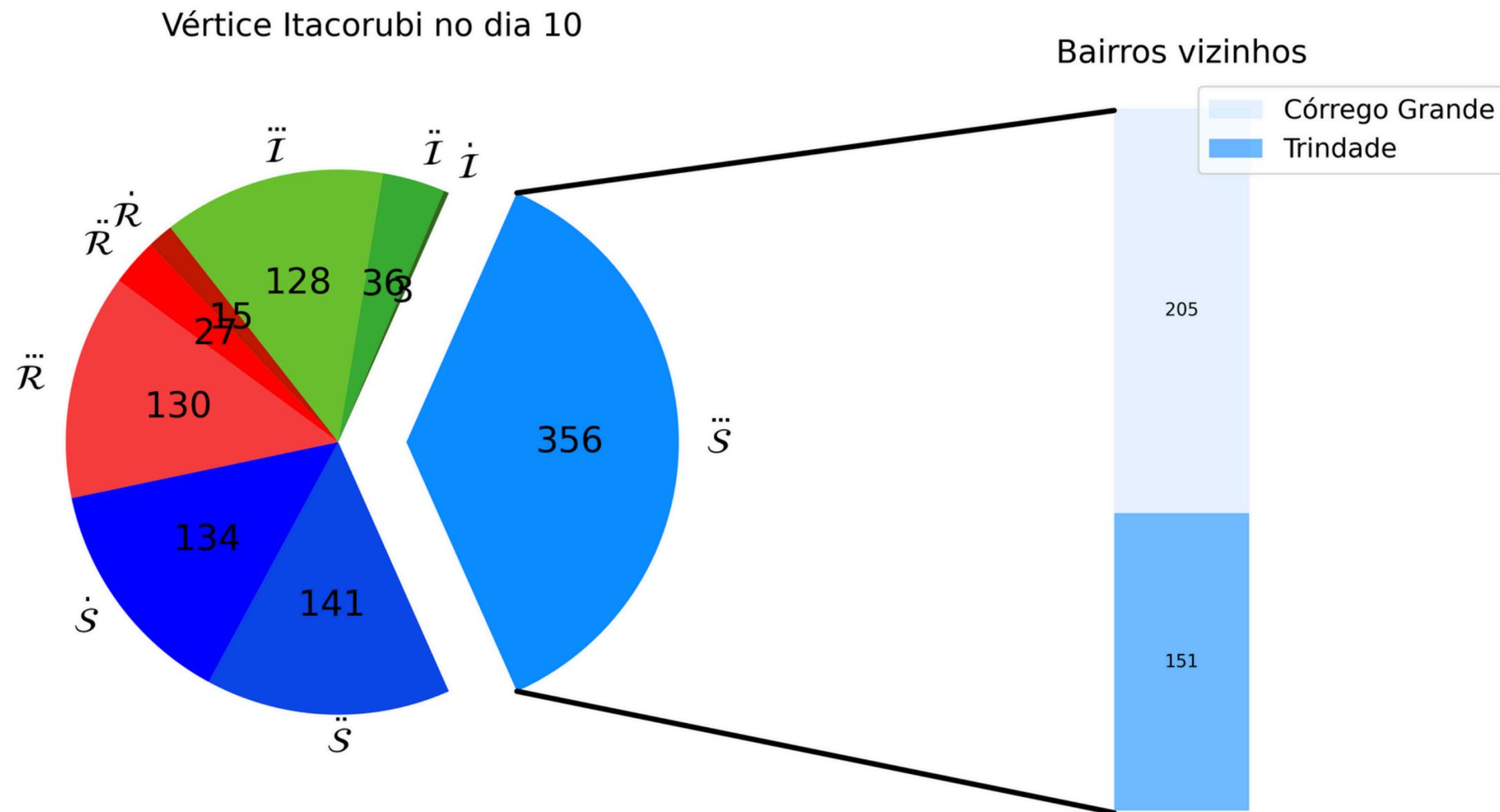
Modelagem Epidemiológica

Movimentação



Modelagem Epidemiológica

Movimentação



$\ddot{S}, \ddot{I}, \ddot{R}$ - Pessoas que vieram de outros vértices

Modelagem Matemática

- **Define quantitativamente a dinâmica entre grupos**

Modelagem Matemática

- Define quantitativamente a dinâmica entre grupos



Modelagem Matemática

- Define quantitativamente a dinâmica entre grupos



Modelagem Matemática

- **Sistema de EDOs discretizadas**

Modelagem Matemática

- Sistema de EDOs discretizadas

Trindade

Modelagem Matemática

- Sistema de EDOs discretizadas

Trindade

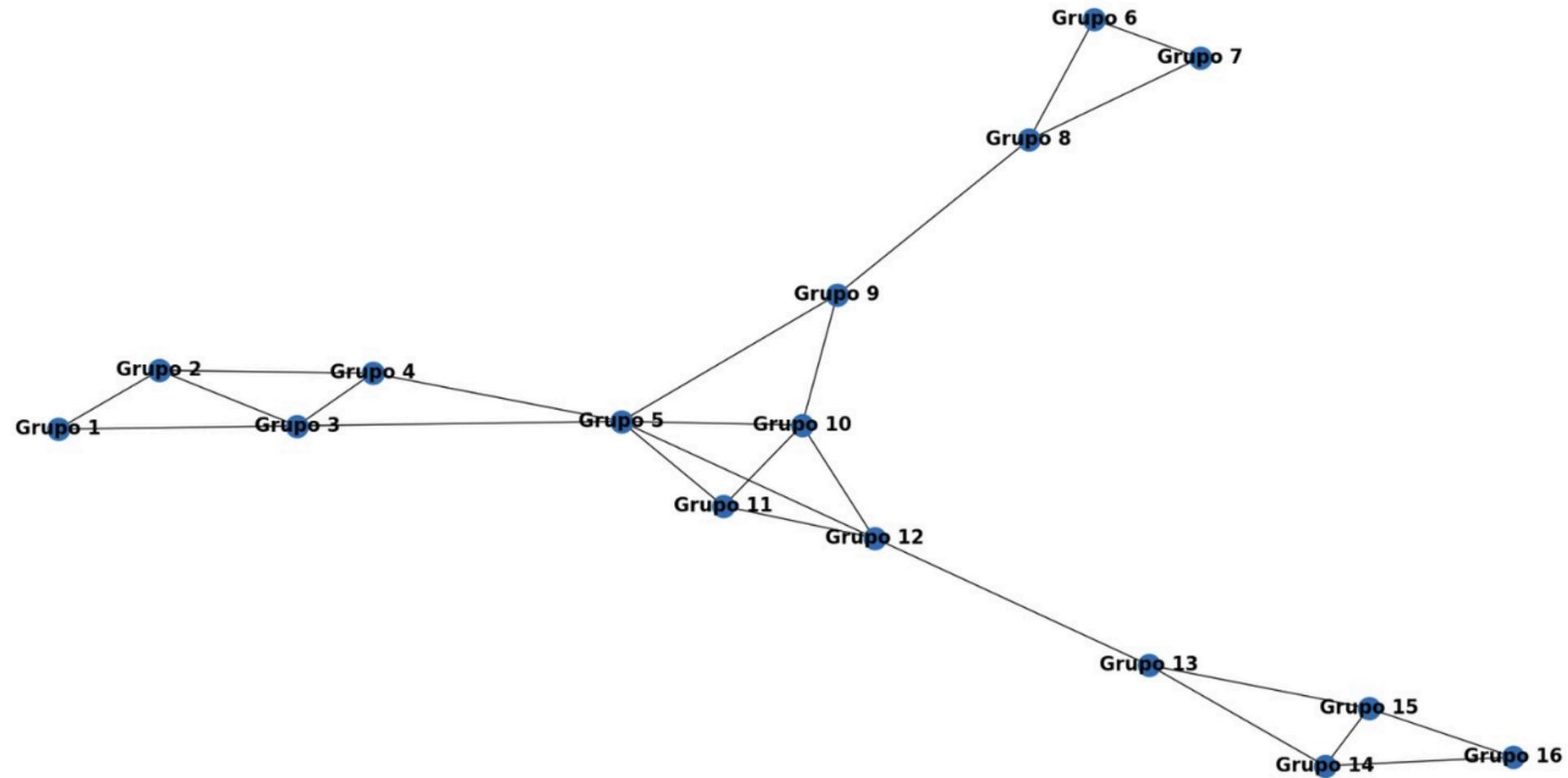
$$S^t = S^{t-1} - \Delta t(v(\dot{X}^{t-1} + \ddot{X}^{t-1}))$$

$$I^t = I^{t-1} + \Delta t(-\varepsilon I^{t-1} + v(\dot{X}^{t-1} + \ddot{X}^{t-1}))$$

$$R^t = R^{t-1} + \Delta t(\varepsilon I^{t-1})$$

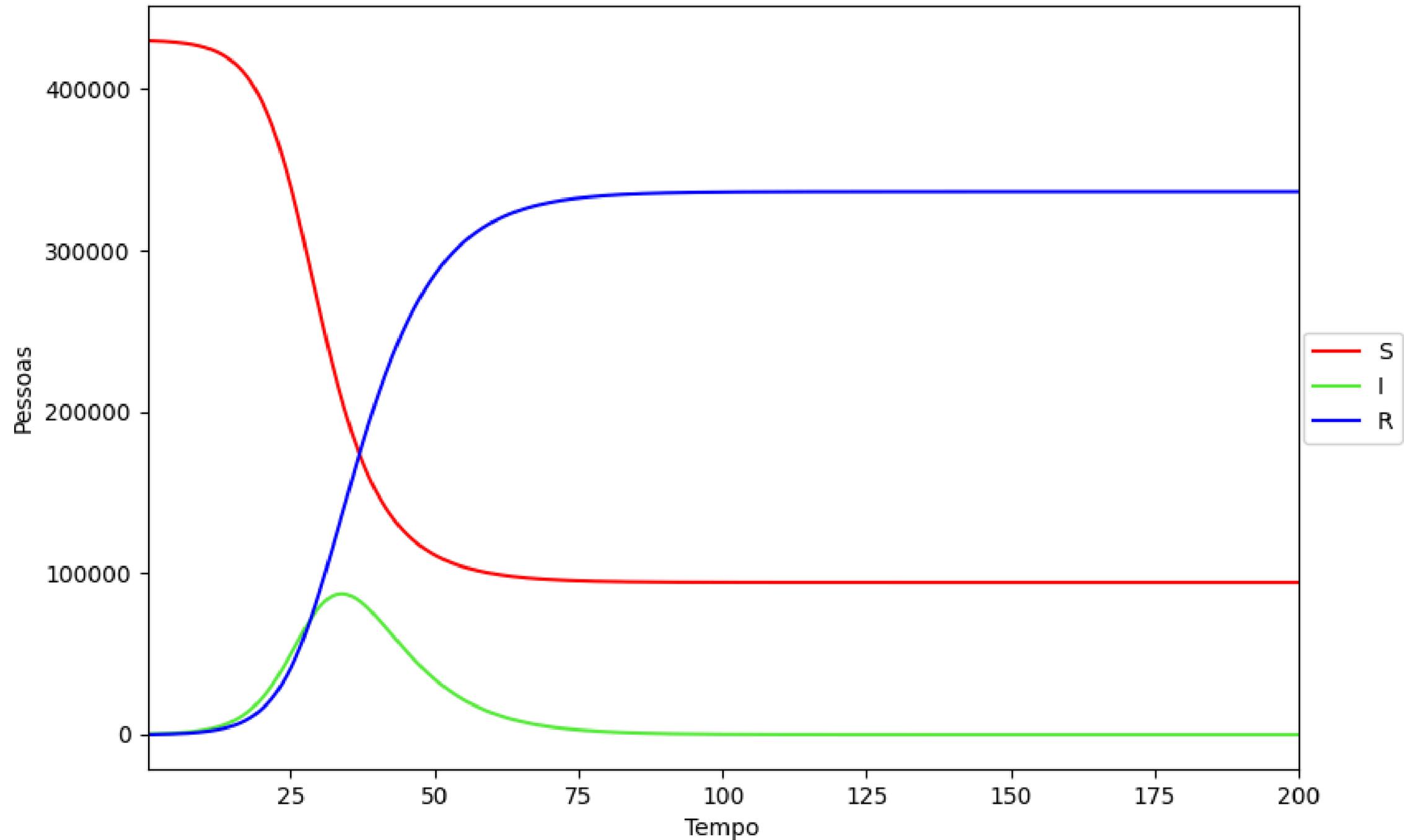
Experimentos

Grafo simplificado de Florianópolis



Experimentos

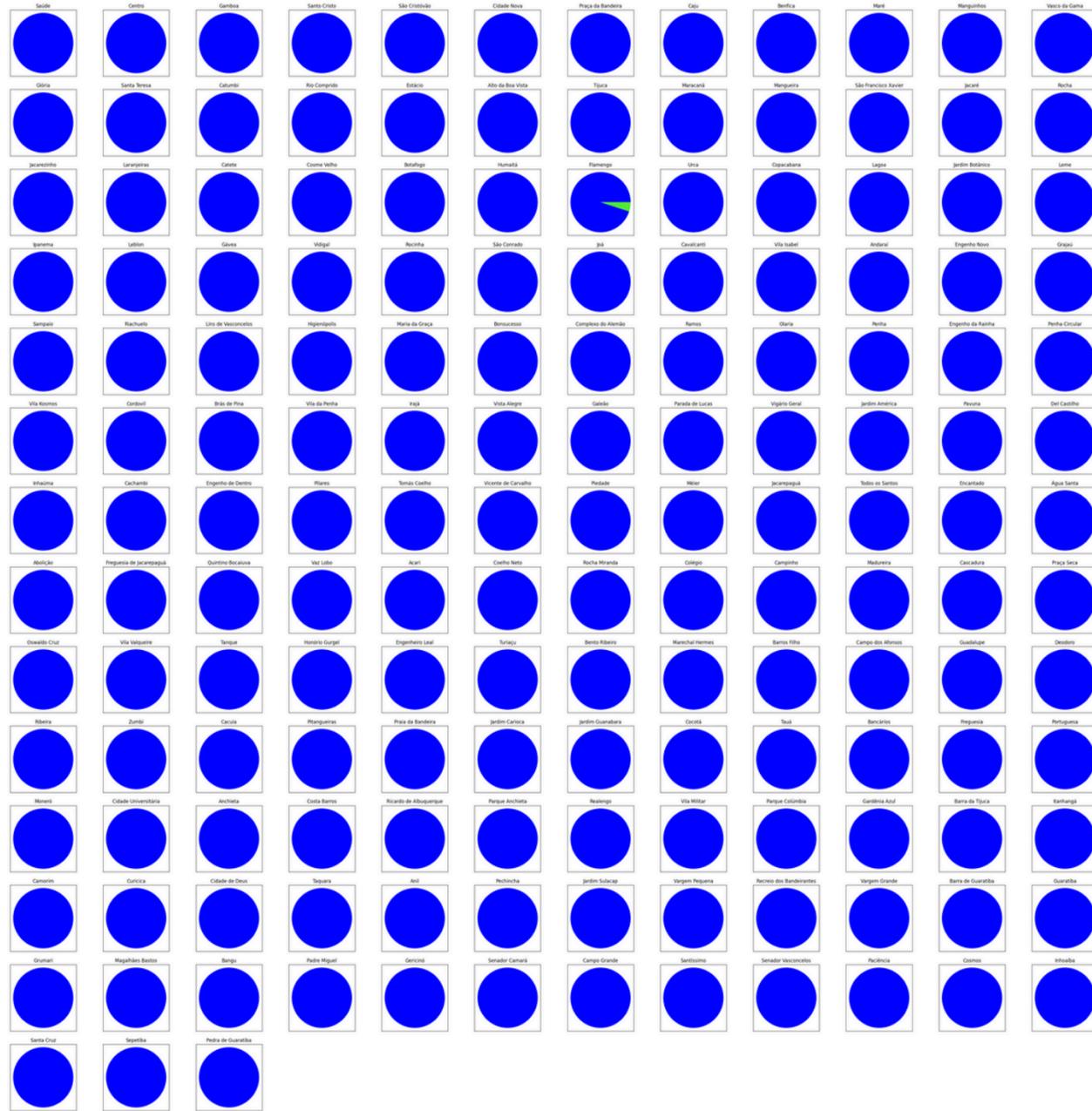
Gráfico SIR da simulação em Florianópolis



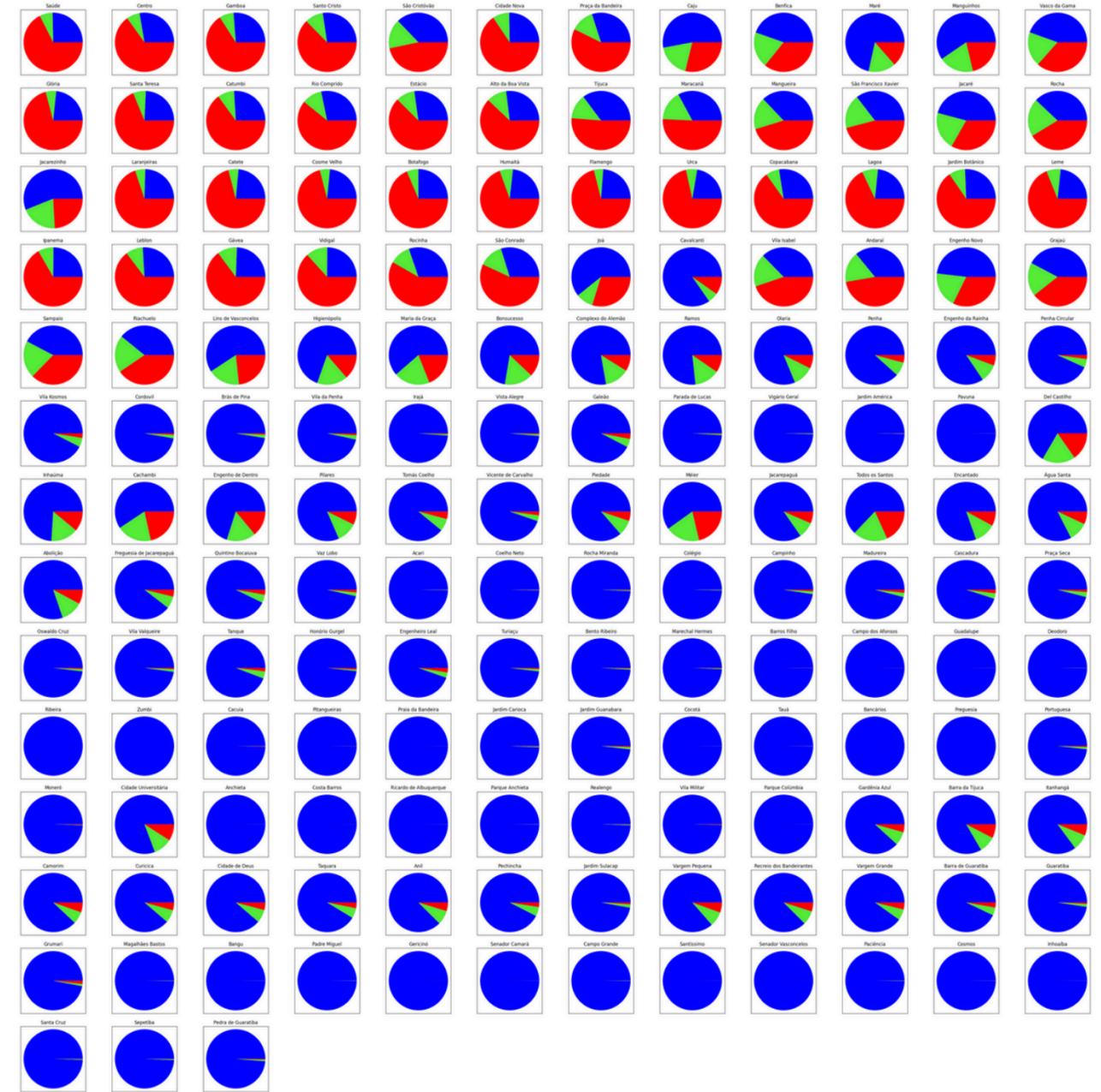
Experimentos

Simulação no Rio de Janeiro

Dia 1



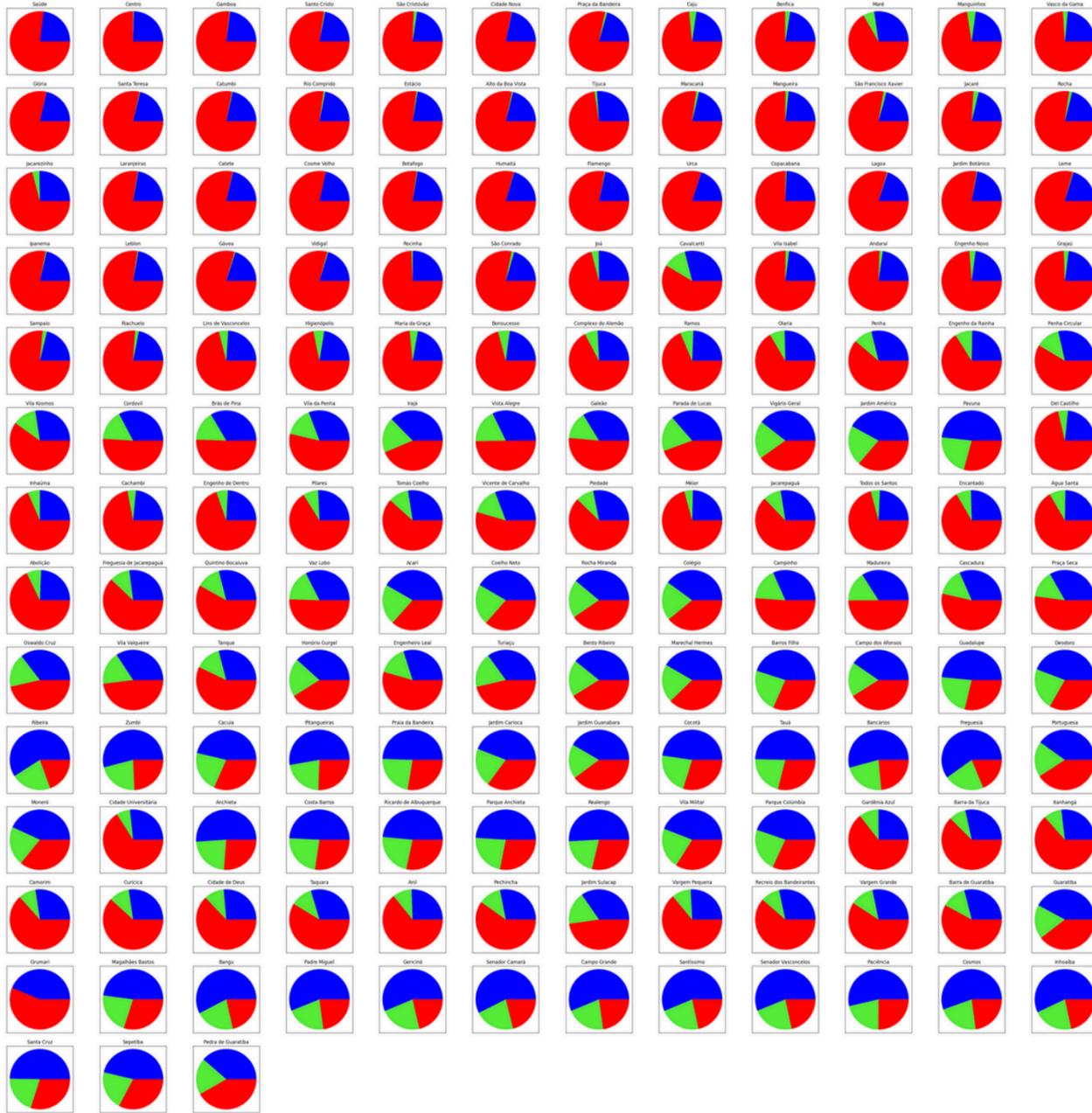
Dia 50



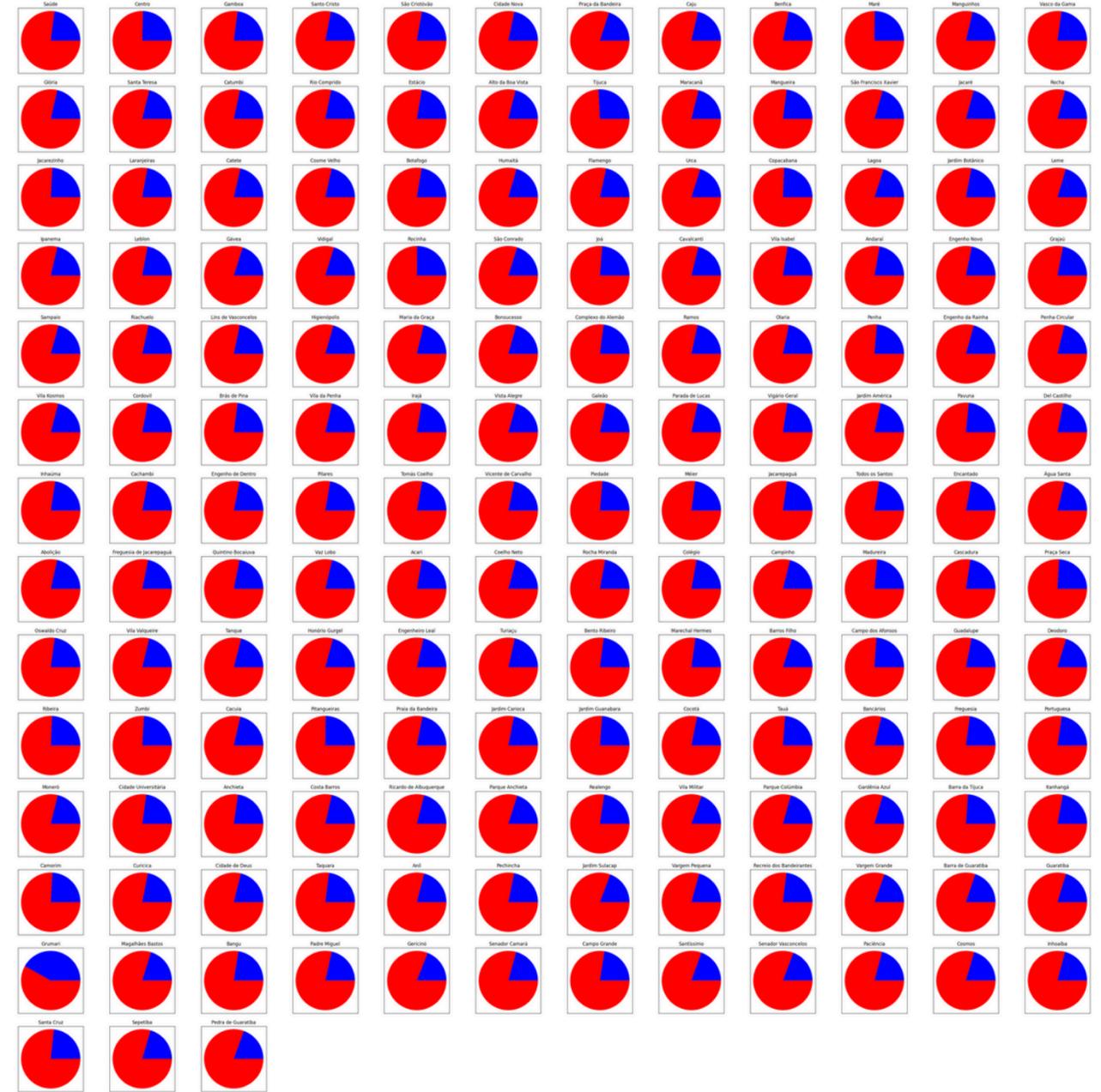
Experimentos

Simulação no Rio de Janeiro

Dia 75



Dia 200



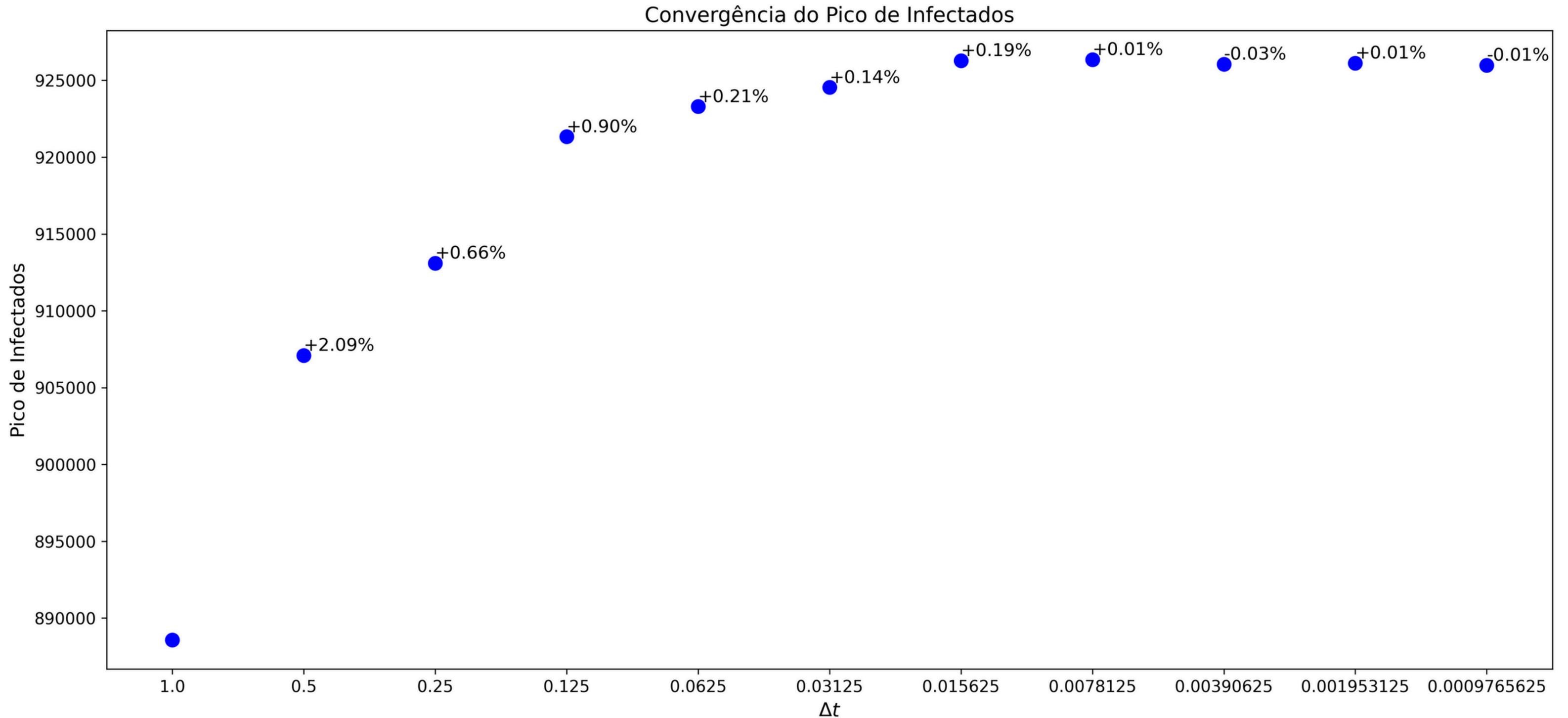
Experimentos

Ideia

- **Discretização do modelo gera erros**
- **Observar seu comportamento com diferentes passos de integração**
- **Análise de convergência**

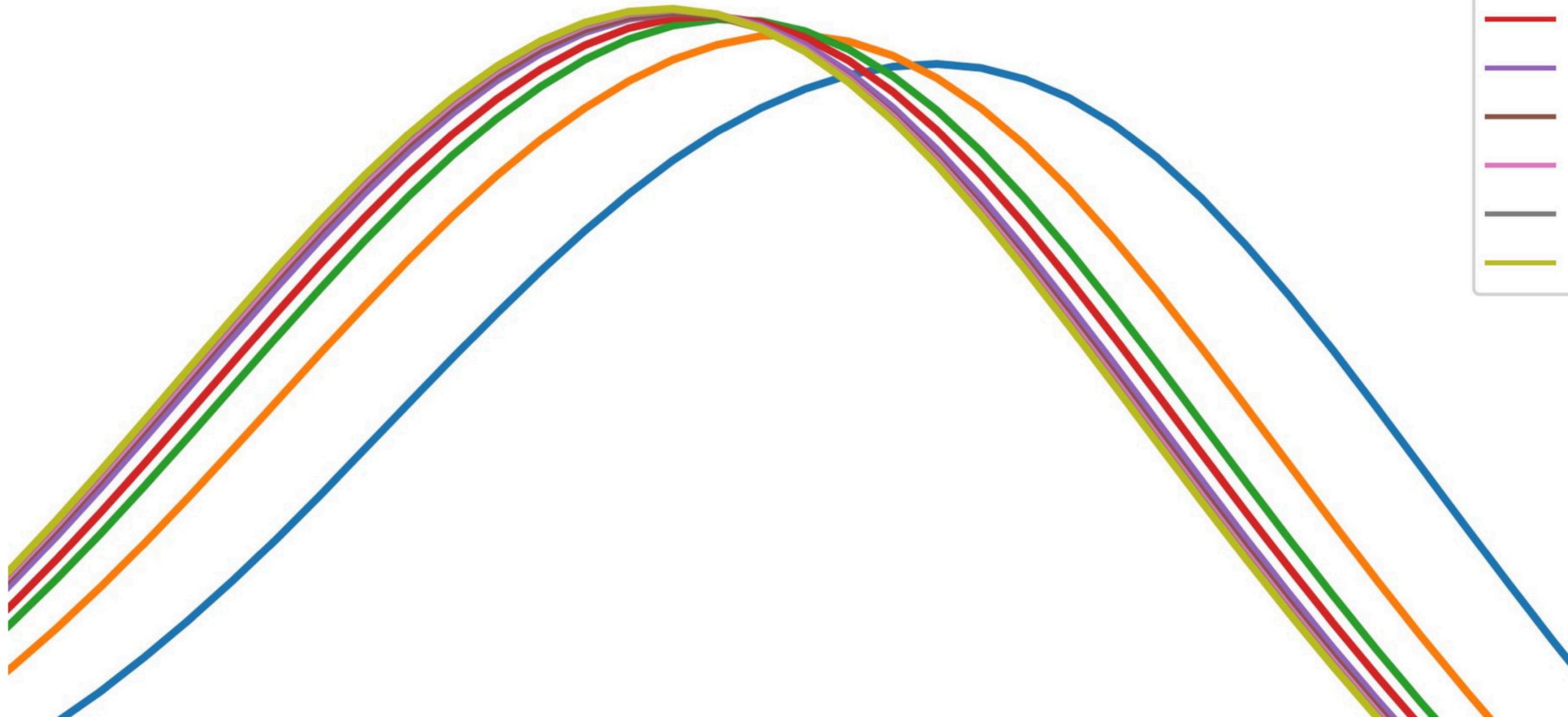
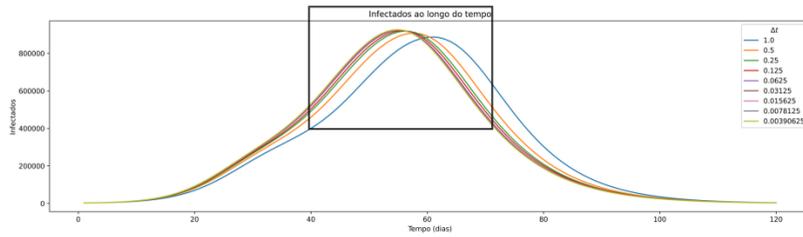
Experimentos

Resultados



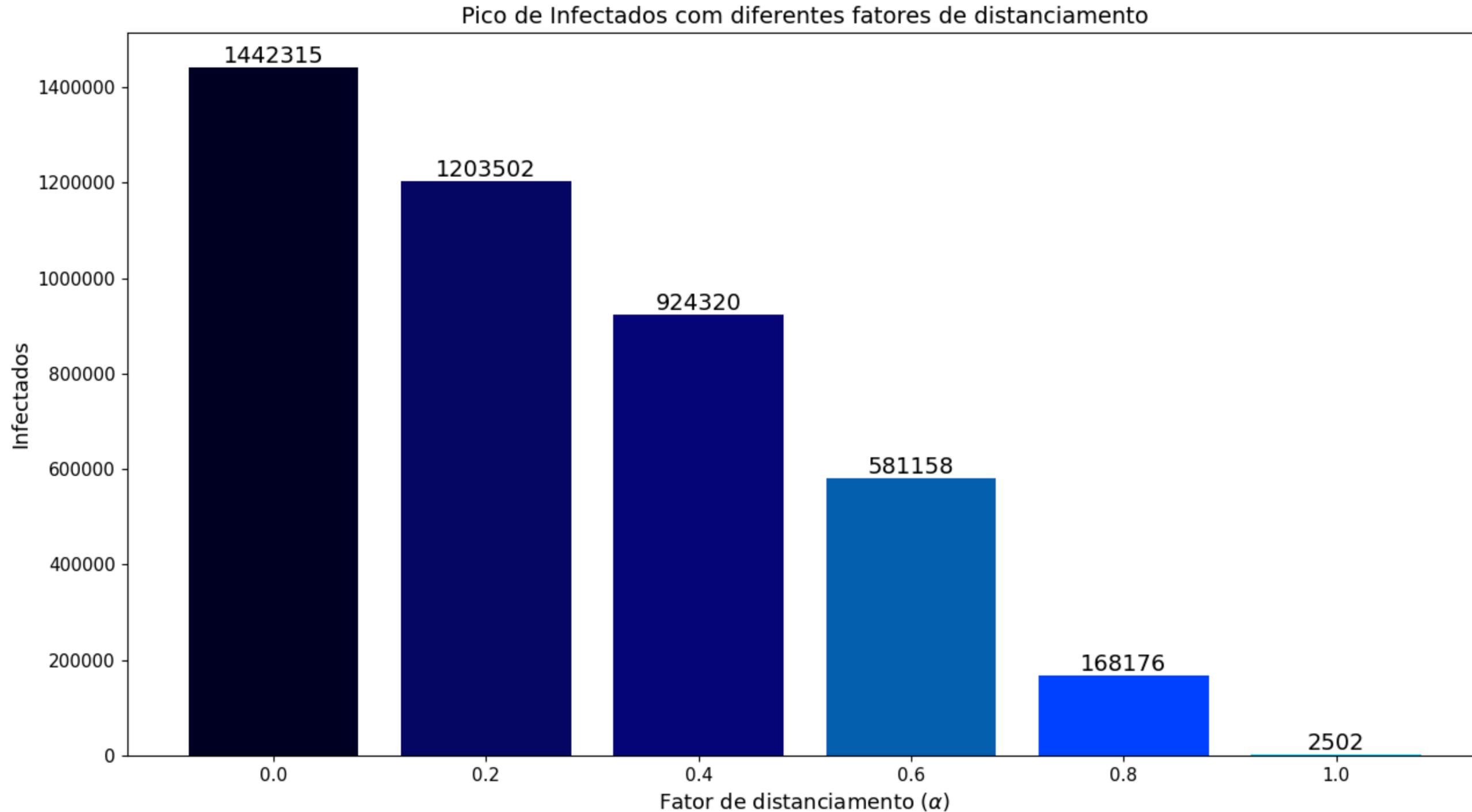
Experimentos

Resultados



Experimentos

Resultados



Conclusão

- **Importância de conhecer o modelo**
- **Entender a discretização e suas consequências**
- **Previsão e tomada de decisão**

Considerações finais

Futuro

- **Verificar erro de discretização**
- **Movimentação mais complexa**
- **Modelo SIRS, SIRV e SIRD**
- **Uso de valores normalizados**

Agradecimentos

- **Este trabalho recebeu apoio da FAPESC, PROPESQ/UFSC (2021TR000436)**
- **Também foi realizado com o apoio do CNPq**

Referências

- Hethcote, H. W. (1989). Three basic epidemiological models. In *Applied mathematical ecology* (pp. 119-144).
- Linge, S., & Langtangen, H. P. (2020). *Programming for computations-Python: A gentle introduction to numerical simulations with Python 3.6*.
- Feofiloff, P., Kohayakawa, Y., & Wakabayashi, Y. (2011). *Uma introdução sucinta à teoria dos grafos*.
- Franco, Á. J. P. (2020). Epidemic model with restricted circulation and social distancing on some network topologies. In *International Conference on Cellular Automata for Research and Industry* (pp. 261-264).
- Ataíde, W. C. (2022). *Minimização do contágio em uma topologia com programação matemática*.