

Trabalho Prático de AEDSIII

Paulo Eduardo Campos Junior

Introdução

Com o avanço da pandemia, é cada vez mais importante o desenvolvimento de modelos matemáticos para a previsão e monitoramento do espalhamento da mesma entre os mais variados ambientes. Com o uso de um dos modelos clássicos da literatura o SIR(Suscetível-Infectado-Recuperado) em conjunto com a estrutura de dados do tipo grafo, o objetivo deste trabalho é desenvolver um simulador de epidemias que seja guiado por eventos(event-driven simulation), que deve ser gerenciado por uma fila de prioridades(heap) que define a ordem de execução deles.

Solução do Problema

O ambiente em que o trabalho foi desenvolvido foi o linux e foi utilizada a linguagem C para a implementação do mesmo.

Implementação do Grafo:

A implementação do grafo foi desenvolvida com a utilização de listas para representar as arestas entre os vértices. Cada vértice apresenta as informações: id, estado e uma lista para representar as suas conexões. E cada aresta apresenta as informações: Um ponteiro para o nó de conexão e um ponteiro para a próxima vértice caso haja.

```
struct grafo{
    int dir;
    int size;
    No **no;
};

struct no{
    int id;
    char state;
    List *l;
};

struct list{
    Edge *begin, *end;
};

struct edge{
    No *no;
    Edge *prox;
};
```

Implementação dos eventos:

Para a implementação dos eventos foi definida uma struct Eventos que contém as seguintes informações: nomes, meu estado(estado em que o vértice deve se encontrar para ocorrer o evento), novo estado(estado que será agregado caso ocorra o evento), tempo, atraso de tempo, probabilidade e repete.

```
struct event{
    char *name;
    char myState;
    char newState;
    int time;
    int timeDelay;
    double probability;
    int repeat;
};
```

Implementação da fila de prioridades:

A implementação da fila de prioridades foi definida pela struct Fila que apresenta os seguintes atributos: Um array de eventos, o tamanho atual da fila e o tamanho máximo da fila. A frente da fila se encontra sempre na primeira posição do array $e[0]$, a cada nova inserção de um evento é usado o insertion sort que apresenta sempre o seu melhor comportamento pois sempre que há a inserção de um novo evento a fila já se apresenta semi-ordenada.

```
struct queue{  
    Event **e;  
    int tam;  
    int size;  
};
```

Obtenção dos resultados:

Foi utilizada as funções da biblioteca stdio.h para a manipulação de arquivos. São impressas primeiramente as informações de cada evento como também seus atributos, logo após são impressas as conexões de cada vértice e depois o estado inicial de cada vértice (time igual a 0). A cada 5 iterações do loop principal do algoritmo (quando $\text{time} \% 5$ for igual a 0) são impressas os vértices e seus estados atuais (os vértices são impressos no final da interação). Por fim, é gerado um relatório com o estado final de cada vértice e as porcentagens associadas a cada estado S, I, R e IR.

Grafos Utilizados

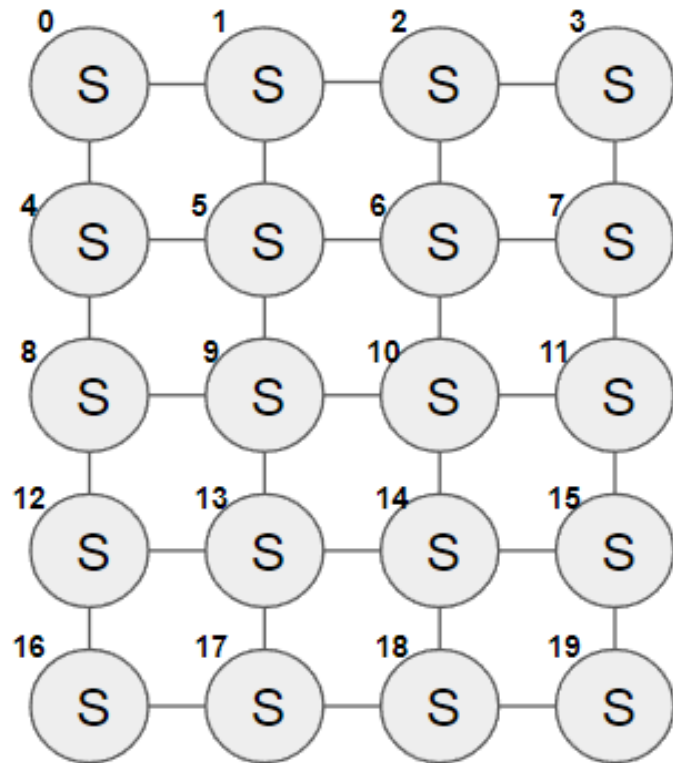
Foram utilizados dois grafos para representar as conexões entre os vértices e apresentar diferentes situações da sociedade, o primeiro foi o grafo A em formato de grade em que um vértice pode ter no máximo 4 arestas, o segundo foi o grafo B que apresenta conexões entre grupos de vértice e não foi especificado um número máximo de conexões entre eles.

Grafo A(Grade)

Para três dos cenários testados foi utilizado o grafo A que contém 20 vértices e 31 arestas não direcionadas como apresentado a seguir:

Conexões do Grafo do tipo A

- 0: {1, 4}
- 1: {0, 2, 5}
- 2: {1, 3, 6}
- 3: {2, 7}
- 4: {5, 0, 8}
- 5: {4, 6, 1, 9}
- 6: {5, 7, 2, 10}
- 7: {6, 3, 11}
- 8: {9, 4, 12}
- 9: {8, 10, 5, 13}
- 10: {9, 11, 6, 14}
- 11: {10, 7, 15}
- 12: {13, 8, 16}
- 13: {12, 14, 9, 17}
- 14: {13, 15, 10, 18}
- 15: {14, 11, 19}
- 16: {17, 12}
- 17: {16, 18, 13}
- 18: {17, 19, 14}
- 19: {18, 15}

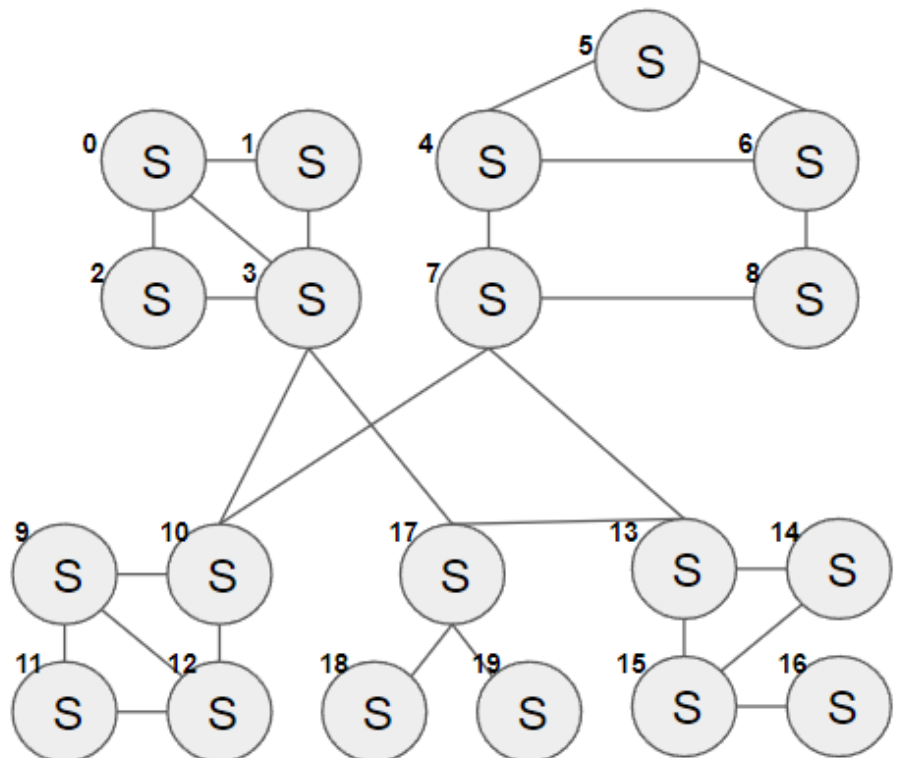


Grafo B(Small World)

Para os outros três cenários testados foi utilizado o grafo B que contém 20 vértices e 27 arestas não direcionadas como apresentado a seguir:

Conexões do Grafo do tipo B

- 0: {1, 2, 3}
- 1: {0, 3}
- 2: {0, 3}
- 3: {0, 1, 2, 10, 17}
- 4: {5, 6, 7}
- 5: {4, 6}
- 6: {5, 4, 8}
- 7: {4, 8, 10, 13}
- 8: {6, 7}
- 9: {10, 11, 12}
- 10: {9, 12, 3, 7}
- 11: {9, 12}
- 12: {10, 11, 9}
- 13: {14, 15, 7, 17}
- 14: {13, 15}
- 15: {13, 16, 14}
- 16: {15}
- 17: {18, 19, 3, 13}



18: {17}

19: {17}

Resultados Obtidos

Cada cenário foi testado com os tempos teóricos de 30 e 50 dias e alguns parâmetros de cada evento foram alterados para ver o comportamento do vírus no grafo em relação a essas alterações.

Cenário 1:

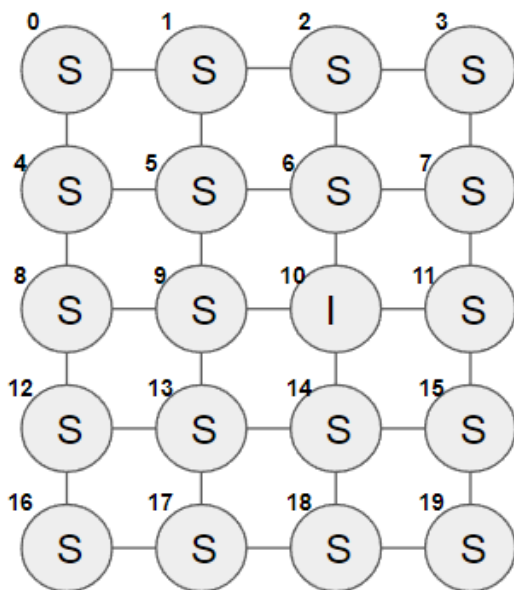
A intenção do primeiro cenário era achar uma combinação de valores para as probabilidade de infecção e de recuperação tal que pelo menos 70% da população fosse infectada em 30 e em 50 dias. O grafo deveria ter o estado inicial com 1 infectado, foi selecionado o vértice 10 que se encontra no meio do grafo.

30 dias:

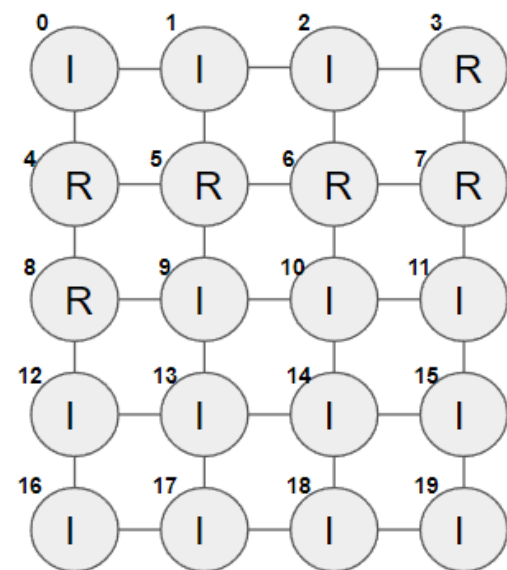
Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.50.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0



time = 30



Suscetível: 0, Infectado: 14, Recuperado: 6, Infectado/Recuperado: 20

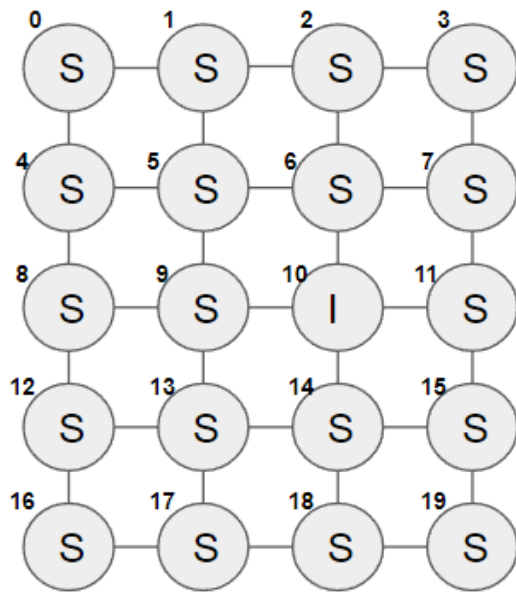
Suscetível: 0.00, Infectado: 0.70, Recuperado: 0.30, Infectado/Recuperado: 1.00

50 dias:

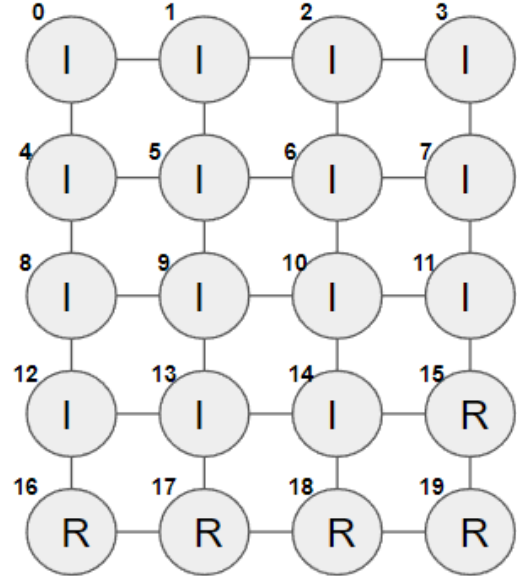
Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.30.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0



time = 50



Suscetível: 0, Infectado: 15, Recuperado: 5, Infectado/Recuperado: 20

Suscetível: 0.00, Infectado: 0.75, Recuperado: 0.25, Infectado/Recuperado: 1.00

Cenário 2:

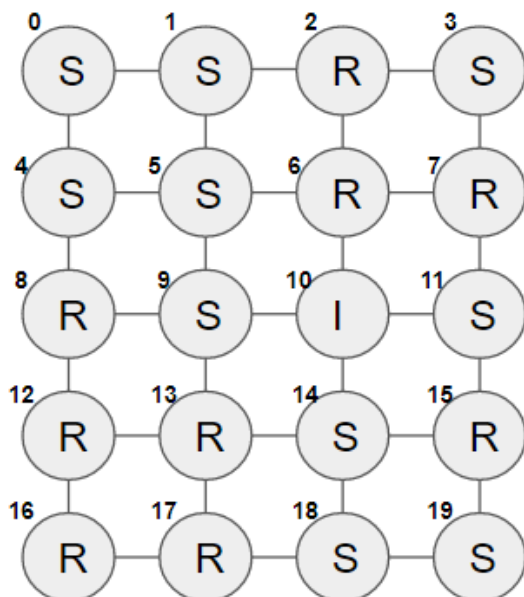
A intenção do segundo cenário era ver como o vírus se comporta quando 50% da população é vacinada. O grafo deveria ter o estado inicial com 1 infectado, foi selecionado o vértice 10 que se encontra no meio do grafo e foram utilizados os dos eventos obtidos no cenário 1 e os vértices com estado recuperado foram selecionados aleatoriamente a cada interação .

30 dias:

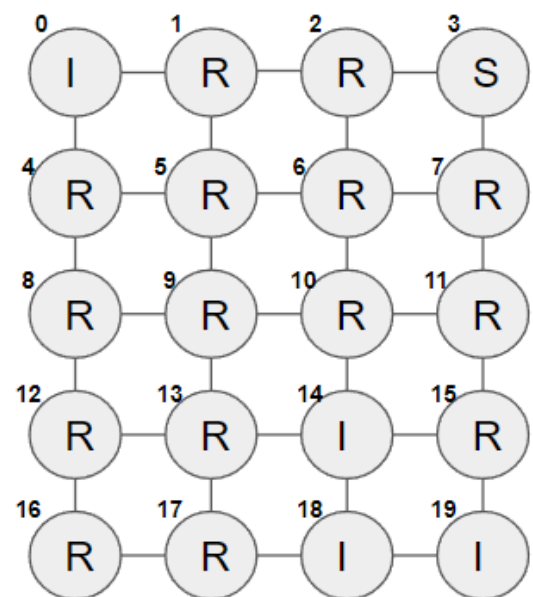
Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.50.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0



time = 30



Suscetível: 1, Infectado: 4, Recuperado: 15, Infectado/Recuperado: 19
 Suscetível: 0.05, Infectado: 0.20, Recuperado: 0.75, Infectado/Recuperado: 0.95

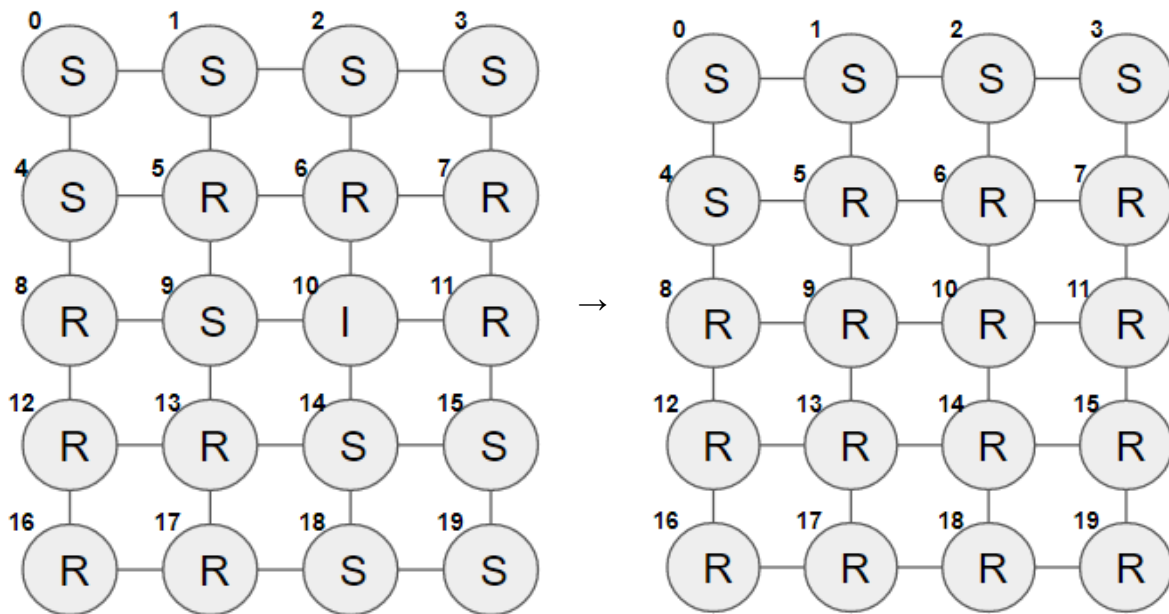
50 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.30.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 50



Suscetível: 5, Infectável: 0, Recuperado: 15, Infectado/Recuperado: 15
 Suscetível: 0.25, Infectado: 0.00, Recuperado: 0.75, Infectado/Recuperado: 0.75

Cenário 3:

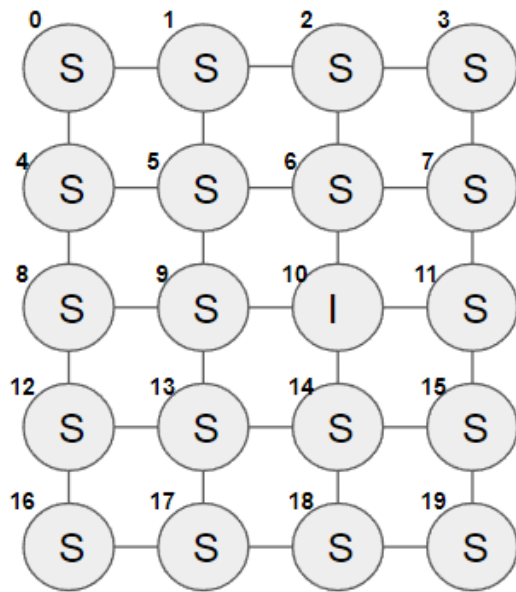
A intenção do terceiro cenário era fixar valores para as probabilidades de infecção e recuperação (fixadas os valores do cenário 1) e achar uma combinação de valores para o time delay da infecção e da recuperação tal que menos de 70% da população fosse infectada em 30 e em 50 dias. O grafo deveria ter o estado inicial com 1 infectado, foi selecionado o vértice 10 que se encontra no meio do grafo.

30 dias:

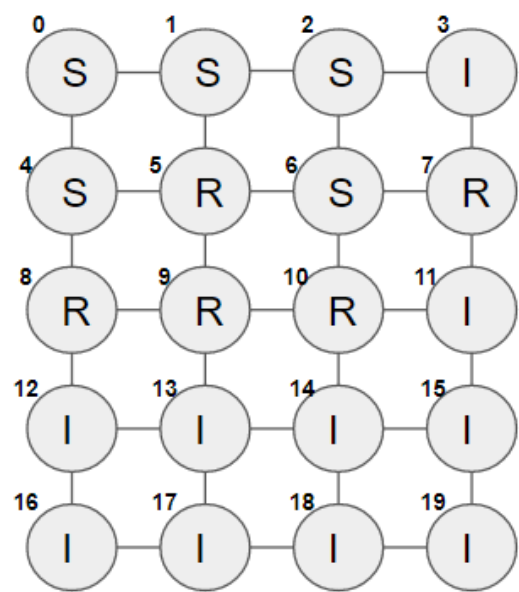
Nome: Infecção, Time Delay: 6, Probability: 0.50.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0



time = 30



Suscetível: 5, Infectado: 10, Recuperado: 5, Infectado/Recuperado: 15

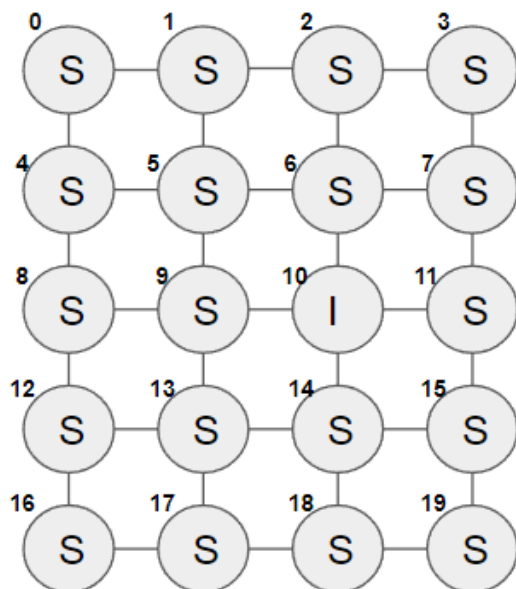
Suscetível: 0.25, Infectado: 0.50, Recuperado: 0.25, Infectado/Recuperado: 0.75

50 dias:

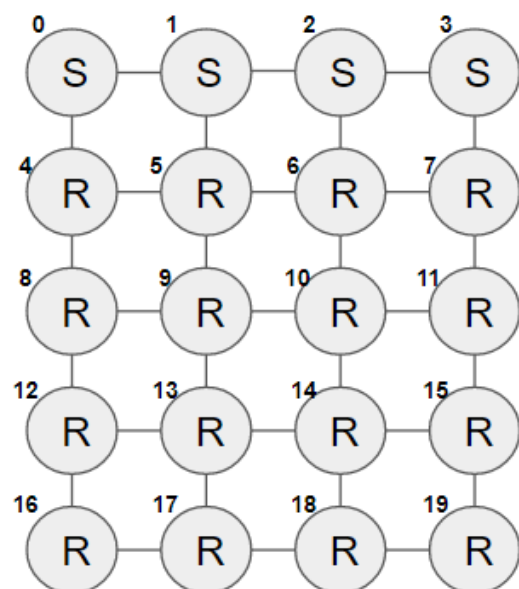
Nome: Infecção, Time Delay: 4, Probability: 0.30.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0



time = 50



Suscetível: 5, Infectado: 0, Recuperado: 15, Infectado/Recuperado: 15

Suscetível: 0.25, Infectado: 0.00, Recuperado: 0.75, Infectado/Recuperado: 0.75

Cenário 4:

O cenário quatro é a repetição do cenário 1, porém dessa vez foi utilizado um grafo com grupos de vértices e dois vértices de grupos distintos estão infectados no momento inicial. os vértices foram escolhidos aleatoriamente e a simulação refeita caso caíssem no mesmo grupo.

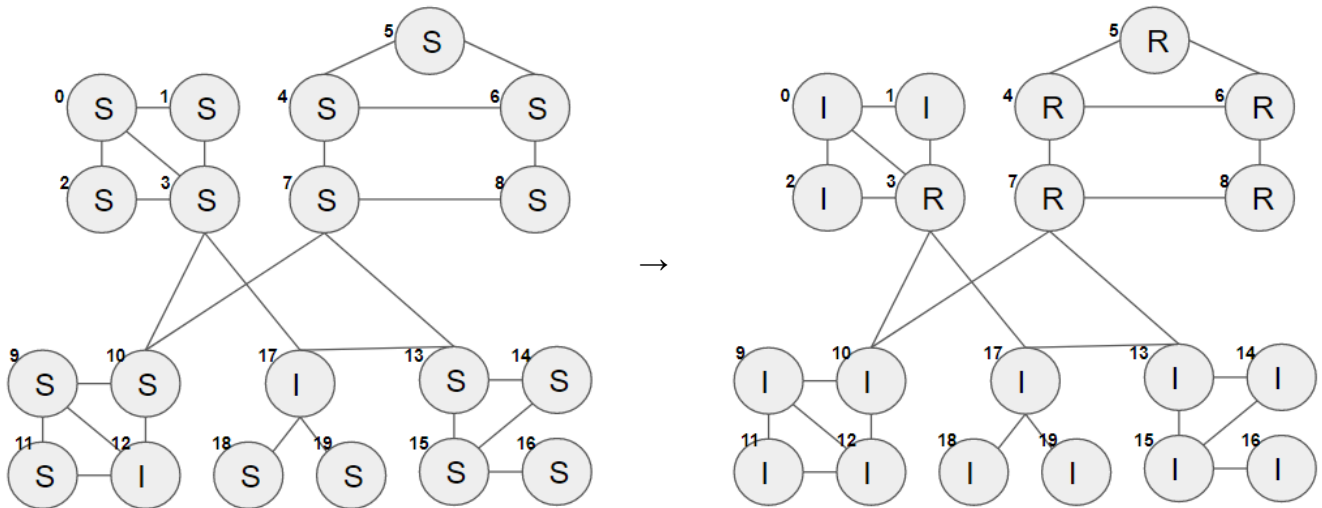
30 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.40.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 30



Suscetível: 0, Infectado: 14, Recuperado: 6, Infectado/Recuperado: 20

Suscetível: 0.00, Infectado: 0.70, Recuperado: 0.30, Infectado/Recuperado: 1.00

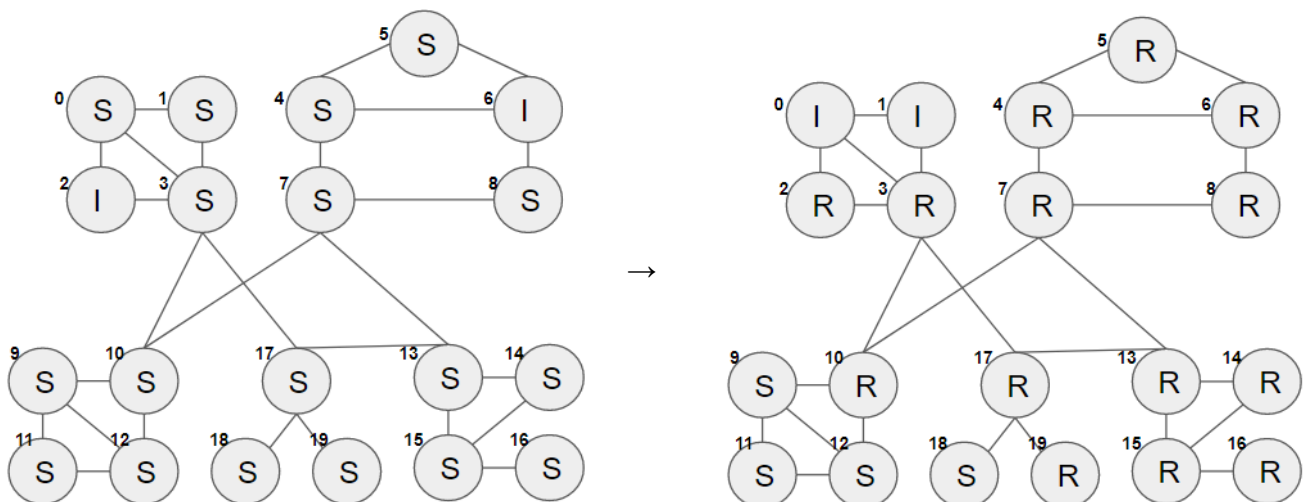
50 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.30.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 50



Suscetível: 4, Infectado: 2, Recuperado: 14, Infectado/Recuperado: 16

Suscetível: 0.20, Infectado: 0.10, Recuperado: 0.70, Infectado/Recuperado: 0.80

Cenário 5:

O cenário cinco é a repetição do cenário 2, porém dessa vez foi utilizado um grafo com grupos de vértices e dois vértices de grupos distintos estão infectados no momento inicial(utilizados o do cenário 4). Foram selecionados 10 vértices com estado recuperado aleatoriamente.

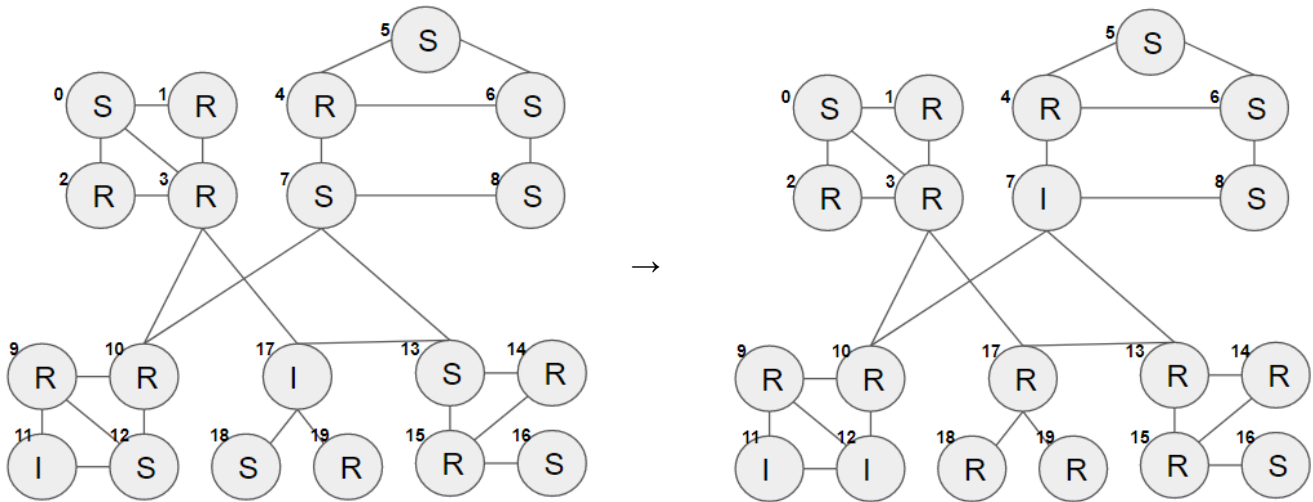
30 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.40.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 30



Suscetível: 5, Infectado: 3, Recuperado: 12, Infectado/Recuperado: 15

Suscetível: 0.25, Infectado: 0.15, Recuperado: 0.60, Infectado/Recuperado: 0.75

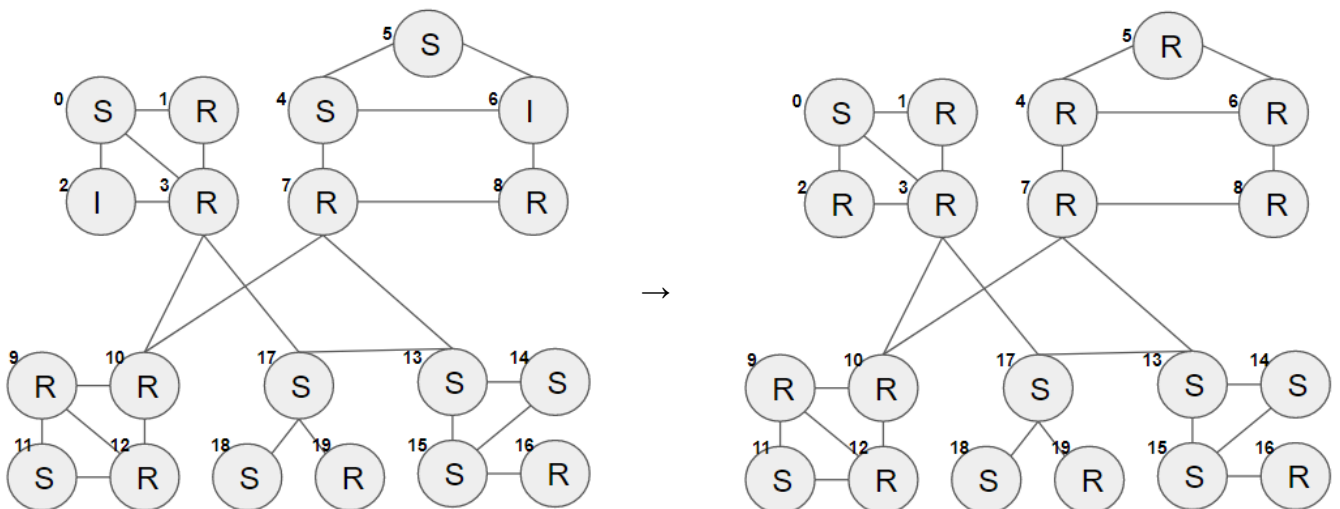
50 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 1, Probability: 0.30.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 50



Suscetível: 6, Infectado: 0, Recuperado: 14, Infectado/Recuperado: 14

Suscetível: 0.30, Infectado: 0.00, Recuperado: 0.70, Infectado/Recuperado: 0.70

Cenário 6:

O cenário seis é a repetição do cenário 3, porém dessa vez foi utilizado um grafo com grupo de vértices e dois vértices de grupos distintos estão infectados no momento inicial escolhidos aleatoriamente. Os valores de probabilidade foram fixados iguais ao do cenário 4.

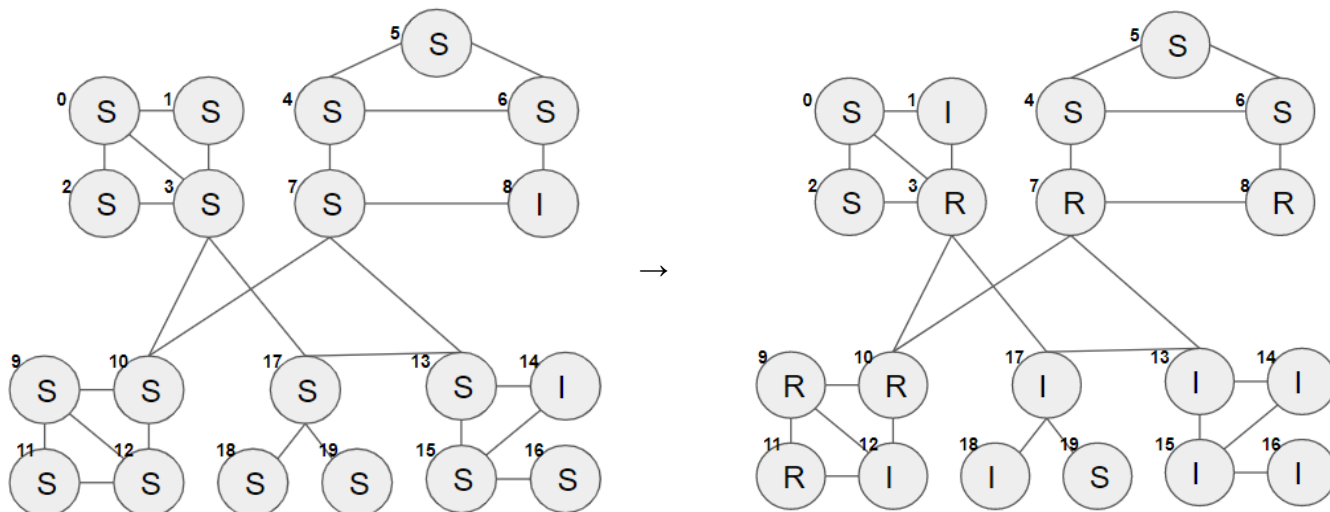
30 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 5, Probability: 0.40.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 30



Suscetível: 6, Infectado: 8, Recuperado: 6, Infectado/Recuperado: 14

Suscetível: 0.30, Infectado: 0.40, Recuperado: 0.30, Infectado/Recuperado: 0.70

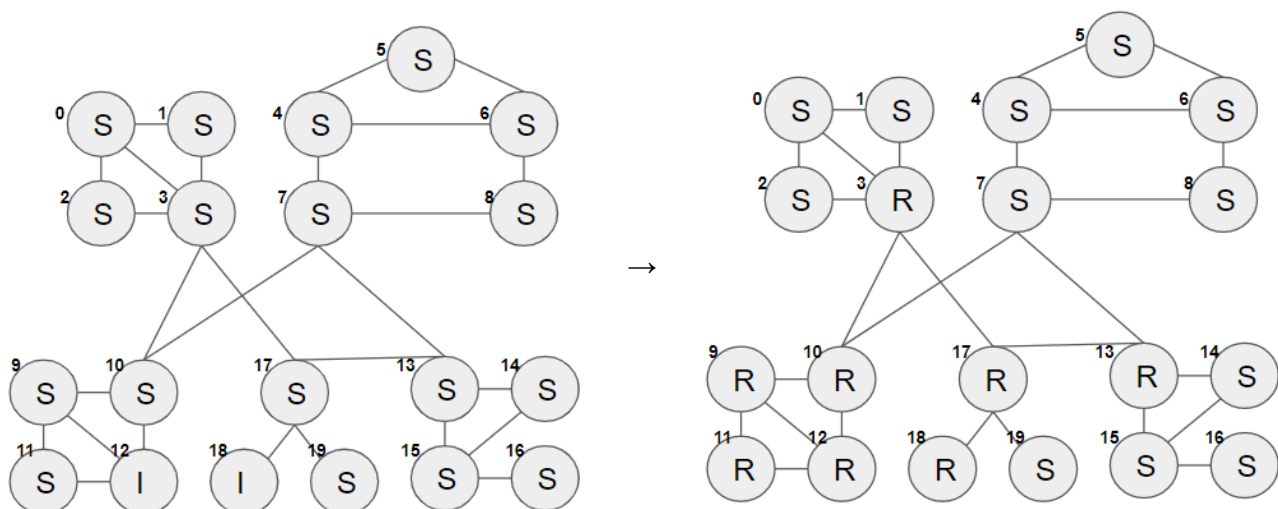
50 dias:

Nome: Infecção, Time Delay: 4, Probability: 0.30.

Nome: Recuperação, Time Delay: 5, Probability: 0.10.

time = 0

time = 50



Suscetível: 12, Infectado: 0, Recuperado: 8, Infectado/Recuperado: 8

Suscetível: 0.60, Infectado: 0.00, Recuperado: 0.40, Infectado/Recuperado: 0.40

Conclusões

O simulador apresenta resultados um tanto quanto confusos, pois para um mesmo cenário com os mesmos parâmetros apresenta resultados diferentes chegando a ser em ambos os extremos observáveis. Para definir uma boa funcionalidade novos testes devem ser feitos e algumas mudanças de requisitos e implementação para que se torne congruente com a realidade. Uma mudança possível seria a atualização do estado de cada vértice apenas no final da interação no tempo atual da aplicação, assim teríamos o espalhamento do vírus de uma forma mais próxima da realidade, outra que poderia gerar resultados interessantes seria o caminhar aleatório pelos vértices do grafo a cada interação, pois geraria resultados diferentes de um caminhar sequencial. Os cenários testados apresentaram uma grande variedade de resultados e foram separados os que mais se encaixavam nos cenários descritos ou algum que apresentaram resultados interessantes por fatores desconexos que no fim da simulação se juntaram em um resultado inesperado.