



Nomes: Caroline Souza Camargo e Yasmin Souza Camargo

Data: 11 de ago. de 2024

Sistemas Multiagentes

Enunciado do trabalho:

Nesta última tarefa vamos replicar o modelo epidemiológico básico descrito em aula e realizar pequenas alterações e observar como alterações locais (nos agentes) podem alterar variáveis populacionais.

- Introduzir o uso de máscaras
 - Eficácia
 - Algodão - 20%-60% -> vamos usar 40%
 - TNT - 78%
 - Cirúrgica - 89%
 - PFF2/N95 - 98%
- Introduzir o uso de imunizantes
 - Eficácia:
 - Coronavac - 50,38%
 - AstraZeneca - 70,04%
 - Pfizer - 95%
- Introduzir o conceito de morte de agentes (função die)

Vocês devem submeter o modelo Netlogo final e um pequeno relatório descrevendo a hipótese, como ela foi implementada e os resultados obtidos (mostrando por exemplo gráficos de contágio ou outros meios).

Sobre a eficácia dos Imunizantes

A capacidade de produzir anticorpos e a capacidade de prevenir a doença é então comparada. Quando se fala que uma vacina tem 95% de eficácia, significa que as pesquisas demonstraram que o número de pessoas vacinadas que se infectaram foi 95% menor do que o das pessoas que não receberam a vacina (grupo placebo).

Sobre a eficácia das máscaras

Considerando somente a eficácia do filtro, as máscaras que mais se destacaram foram as PFF2/N95, barrando a passagem de 98% das partículas nos tamanhos testados (de 60 a 300 nm). As máscaras cirúrgicas apresentaram 89% de capacidade de filtragem e as de TNT (tecido não tecido, material obtido por meio de uma liga de fibras e um polímero) formado por três camadas (conhecido como SMS) filtraram 78% das partículas. Máscaras de algodão apresentaram menor retenção de partículas (entre 20% e 60%) porque a trama do tecido deixa mais espaço entre os fios. Se houver costura nessas máscaras, aumenta ainda mais o risco de passagem de partículas que carregam o vírus.

Implementação e Relatório

Para a implementação do modelo epidemiológico descrito, fizemos diversas modificações no código para incluir o uso de máscaras, imunizantes e o conceito de morte dos agentes. Segue abaixo o código implementado e em seguida uma explicação das modificações que foram realizadas:

[Link GitHub](#)

```
breed [pessoas pessoa]

turtles-own
[
  infectado      ;;booleano
  saudavel      ;;booleano
  recuperado    ;;booleano

  dias-infectado ;;dias desde infeccao
  tipo-mascara   ;;0 = sem mascara, 1=Algodão, 2=TNT, 3=Cirúrgica, 4=PFF2/N95
  tipo-vacina    ;;0 = não esta vacinado, 1=Coronavac, 2=AstraZeneca, 3=Pfizer,
  probailidade-infeccao ;;probabilidade individual de infecção, de acordo se está
  usando máscara e tomou vacina
  probailidade-tipo-vacina ;;probabilidade individual de acordo com o tipo da vacina
]

globals ;;variaveis globais
[
  mortes ;;numero de mortes
  total-infectados
]

to setup
  clear-all
  setup-pessoas      ;;cria populacao
  setup-infectados   ;;infecta uma parte da populacao
  set mortes 0
  set total-infectados 0
  reset-ticks
end

to setup-pessoas
  create-pessoas populacao ;;cria pessoas com a variavel do slider populacao
  [
    set infectado false
    set saudavel true
    set recuperado false
    set dias-infectado 0
    set color green
  ]
```

```

set shape "person"
set size 1
setxy random-xcor random-ycor ;;cria em posicao aleatoria

;;atribui ou não mascaras para população
;;o entrevistador não visualizou a máscara do entrevistado em 50% dos
entrevistados:
ifelse (random 2 = 0)
[
  set probailidade-infeccao (chance-infeccao)
  set tipo-mascara 0
]
[
  set tipo-mascara (random 4 + 1)
  if(tipo-mascara = 4)
  [
    set probailidade-infeccao (chance-infeccao - (chance-infeccao * 0.98))
  ]
  if(tipo-mascara = 3)
  [
    set probailidade-infeccao (chance-infeccao - (chance-infeccao * 0.89))
  ]
  if(tipo-mascara = 2)
  [
    set probailidade-infeccao (chance-infeccao - (chance-infeccao * 0.78))
  ]
  if(tipo-mascara = 1)
  [
    set probailidade-infeccao (chance-infeccao - (chance-infeccao * 0.40))
  ]
]

;;atribui ou não vacinação para população
;;;80% da população-alvo completamente vacinada:
ifelse (random 10 > 7)
[
  set probailidade-tipo-vacina 0
  set probailidade-infeccao (probailidade-infeccao)
  set tipo-vacina 0
]
[
  set tipo-vacina ((random 3) + 1)
  if(tipo-vacina = 3)
  [
    set probailidade-tipo-vacina 95.0
    set probailidade-infeccao (probailidade-infeccao - (probailidade-infeccao *
0.95))
  ]
  if(tipo-vacina = 2)

```

```

[
  set probailidade-tipo-vacina 70.04
  set probailidade-infeccao (probailidade-infeccao - (probailidade-infeccao *
0.7004))
]
if(tipo-vacina = 1)
[
  set probailidade-tipo-vacina 50.38
  set probailidade-infeccao (probailidade-infeccao - (probailidade-infeccao *
0.5038))
]
]

;definindo cores: mais claro mais proteção
if (tipo-mascara = 0) and (tipo-vacina = 0)
[
  set color rgb 27 99 0
]
if (tipo-mascara > 0) and (tipo-vacina = 0)
[
  set color rgb 36 134 0
]
if (tipo-mascara = 0) and (tipo-vacina > 0)
[
  set color rgb 54 201 0
]
if (tipo-mascara > 0) and (tipo-vacina > 0)
[
  set color rgb 65 245 0
]
]
end

to setup-infectados
;;infecta o numero de pessoas indicado no slider infectados-iniciais
ask n-of infectados-iniciais pessoas
[
  set infectado true
  set saudavel false
  set color red
]
end

to go ;;loop executado a todo tick
move ;;move os agentes
infect ;;possivelmente infecta vizinhos
check-infeccao ;;checa se ja se recuperou
tick
end

```

```

to move ;;move as pessoas no cenário em direcao aleatoria
ask pessoas
[
  move-to patch-left-and-ahead (random 360) 1
]
end

to infect
ask pessoas with [infectado = true] ;;para todos as pessoas infectadas
[
  ask turtles-on neighbors      ;;checa se os vizinhos sao saudaveis
  [
    ;;para possivelmente infectar
    if(saudavel = true) and (random 100 < probailidade-infeccao)
    [
      set infectado true
      set saudavel false
      set color red
      set total-infectados (total-infectados + 1)
    ]
  ]
]
end

to check-infeccao
ask pessoas with [infectado = true]
[
  ifelse dias-infectado >= dias-recuperacao ;;caso a pessoa ja esteja infectada
  pelo
  [
    ;;numero de dias suficiente para se recuperar

    ifelse random 100 > probailidade-tipo-vacina ;verificando se a pessoa morreu
    ou não
    [
      set mortes (mortes + 1)
      die
    ]
    [
      set infectado false      ;;ela muda seu estado para recuperado
      set recuperado true
      set color blue
    ]
  ]
  [
    set dias-infectado (dias-infectado + 1)
  ]
]
end

```

1.1 Implementação do Uso de Máscaras

- Adicionamos a variável *tipo-mascara* para representar o tipo de máscara que cada pessoa usa (sem máscara, algodão, TNT, cirúrgica ou PFF2/N95).
- Adicionamos a variável *probabilidade-infecção* para armazenar a probabilidade individual de infecção ajustada de acordo com o tipo de máscara.
- Na função *setup-pessoas*, implementamos a lógica para atribuir um tipo de máscara aleatória para cada pessoa com base em probabilidades definidas.
- A probabilidade de uma pessoa usar máscara foi definida de acordo com ([Jacques, 2022](#)), onde o entrevistador não visualizou o uso de máscara em 50% dos entrevistados. Isso significa que metade da população não usará máscara e a outra metade usará algum tipo de máscara.
- Assim, caso o indivíduo esteja usando máscara é sorteado então um tipo de máscara aleatoriamente.
- Ajustamos a probabilidade de infecção com base no tipo de máscara: quanto maior a eficácia da máscara, menor a probabilidade de infecção.

Implementação do Uso de Imunizantes

- Para o uso dos imunizantes também foi preciso adicionar a variável *tipo-vacina* para representar o tipo de vacina recebida (nenhuma, Coronavac, AstraZeneca ou Pfizer).
- Adicionamos a variável *probabilidade-tipo-vacina* para armazenar a eficácia da vacina recebida.
- Na função *setup-pessoas*, implementamos a lógica para atribuir uma vacina aleatória para cada pessoa, com base em probabilidades definidas.
- A probabilidade de uma pessoa ter tomado a vacina foi definida de acordo com ([Butantan, 2021](#)), onde é mostrado que até o final de 2021 80% da população-alvo foi vacinada. Isso permitirá observar com maior precisão o impacto da vacinação na propagação da infecção e nas dinâmicas gerais do modelo.
- Já a probabilidade de infecção foi novamente definida com base no tipo de vacina recebida.

Definição da Probabilidade de Infecção

- A probabilidade inicial de infecção é um valor base que representa a chance de uma pessoa saudável contrair covid se estiver exposta ao agente infeccioso. Este valor é configurado globalmente e é o mesmo para todos os indivíduos antes da aplicação de qualquer medida de proteção.
- A eficácia das máscaras foi considerada para ajustar a probabilidade de infecção. Cada pessoa pode usar um tipo de máscara com diferentes níveis de eficácia, conforme foi comentado acima.
- Se uma pessoa está sem máscara não ocorre a redução na probabilidade de infecção, já se está usando máscara a probabilidade de infecção diminui

- Além das máscaras, a vacinação também afeta a probabilidade de infecção. A eficácia das vacinas varia e é representada como uma redução percentual na probabilidade de infecção
- Por exemplo, se a eficácia da vacina é 95%, a nova probabilidade de infecção é reduzida em 95%. Isso reflete o efeito da vacina em proteger a pessoa contra a infecção, resultando em uma probabilidade de infecção significativamente menor para pessoas vacinadas.
- A probabilidade de infecção permanece inalterada caso não esteja vacinada
- Vale ressaltar, que se um indivíduo está usando uma máscara e também foi vacinado, o efeito protetor é combinado. Primeiro, a probabilidade de infecção é ajustada para refletir o uso da máscara e, em seguida, esse valor ajustado é modificado de acordo com a eficácia da vacina. Isso é feito para refletir o impacto cumulativo das duas medidas de proteção.

Implementação do Conceito de Morte dos Agentes

- Adicionamos a variável global *mortes* para contar o número total de mortes.
- Na função *check-infeccao*, adicionamos a lógica para verificar se a pessoa infectada morre ou se se recupera. A probabilidade de morte é baseada na eficácia da vacina. Se a pessoa não morrer, ela se recupera após o período definido.
- Se uma pessoa infectada morre, ela é removida do modelo e o número total de mortes é atualizado.

Definição das cores dos indivíduos:

- Também definimos cores diferentes para representar visualmente o nível de proteção de cada pessoa
- Cada cor indica diferentes combinações de uso de máscara e vacinação, facilitando a interpretação dos dados e o acompanhamento da propagação da infecção
- Cores mais claras representam maior proteção
- Indivíduos sem máscara e não vacinados são representados por um verde escuro, indicando proteção mínima contra a infecção



#1B6300

RGB 27, 99, 0

- Indivíduos que usam uma máscara, mas não foram vacinados, são representados por um verde médio. A máscara oferece proteção adicional, mas a falta de vacinação ainda deixa a pessoa vulnerável



#248600

RGB 36, 134, 0

- Indivíduos que foram vacinados, mas não usam máscara, são representados por verde um mais claro. A vacinação proporciona uma proteção significativa contra a infecção



#36C900

RGB 54, 201, 0

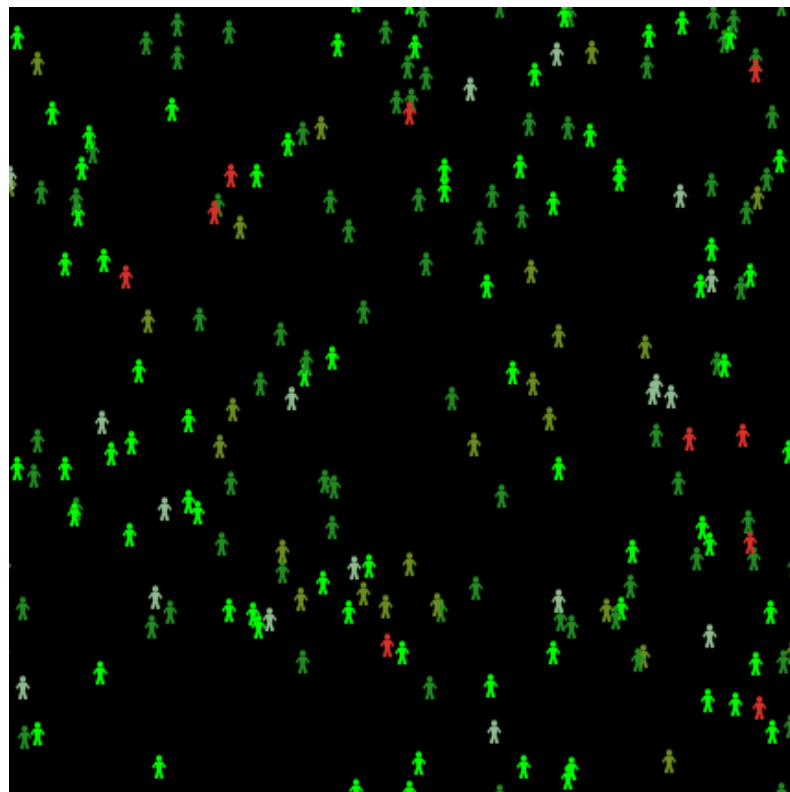
- Indivíduos que usam uma máscara e foram vacinados são representados por um verde brilhante. A combinação de máscara e vacinação oferece o maior nível de proteção contra a infecção.



#41F500

RGB 65, 245, 0

- Além disso, foi utilizado vermelho para pessoas infectadas e azul para indivíduos recuperados



Configuração inicial para simulação:

- População: 200
- Infectados Iniciais: 10
- Chance de Infecção: 75%
- Dias de recuperação: 14

populacao 200

infectados-iniciais 10

chance-infeccao 75 %

dias-recuperacao 14

Após setup:

- Número de recuperados: 0
- Número de saudáveis: 190
- Número de Infectados atual: 10
- Número de mortes: 0
- Quantidade de pessoas usando máscara: 102
- Quantidade de pessoas que tomaram a vacina: 159
- Quantidade de pessoas que não usaram máscara e que nem vacinaram: 26
- Quantidade de pessoas que não usaram máscara e se vacinaram: 72
- Quantidade de pessoas que usaram máscara e não se vacinaram: 15
- Quantidade de pessoas que usaram máscara e se vacinaram: 87

Numero de Recuperados
0

Total de mortes
0

Quantidade Usando Máscara
102

Quantidade não usando máscara e não vacinado
26

Numero de saudaveis
190

Total de Infectados
0

Quantidade de Vacinados
159

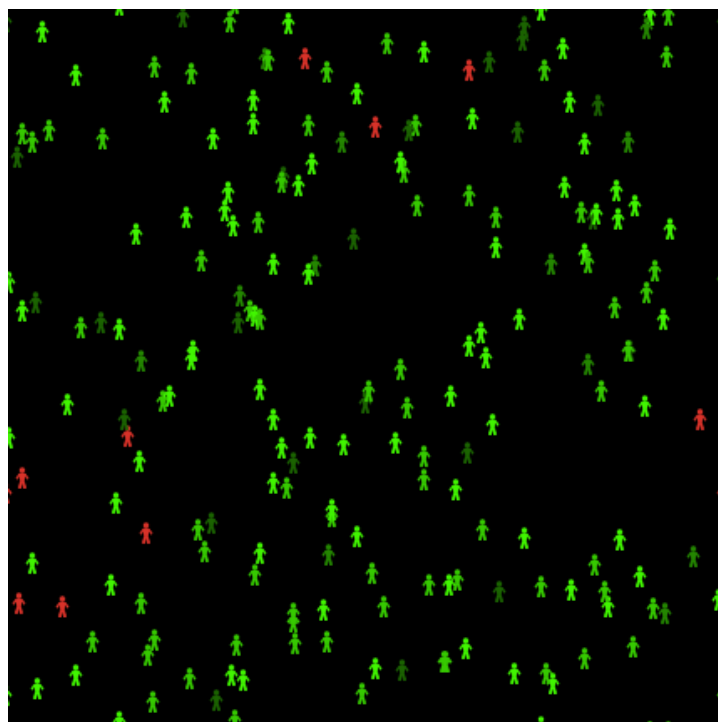
Quantidade não usando máscara e vacinado
72

Numero de Infectados
10

Quantidade usando máscara e vacinado
87

Quantidade usando máscara e não vacinado
15

Distribuição inicial da população:



Hipótese do Trabalho

- Ao introduzir medidas de proteção, como o uso de máscaras e a vacinação, é esperado reduzir a probabilidade de infecção e a mortalidade em uma população, mesmo com uma alta taxa de infecção.
- Além disso, espera-se que o impacto dessas medidas se reflita na menor quantidade de pessoas infectadas e falecidas. Indivíduos que recebem medidas de proteção adequadas terão uma menor taxa de mortalidade comparados aos que não têm essas medidas.

Executando simulação após 80 dias:



Analisando o gráfico percebe-se que a quantidade de pessoas saudáveis diminui ao longo do tempo, o que é esperado, dado que uma parte da população está sendo infectada. Nota-se que a curva parece estabilizar-se mais para o final do gráfico, sugerindo que o número de novas infecções está diminuindo e parando completamente.

Já a quantidade de infectados aumenta inicialmente, atingindo um pico, e então começa a cair. Isso indica que, após o pico de infecções, as pessoas começaram a se recuperar ou morrer, reduzindo o número de infectados ativos.

A linha azul sobe ao longo do tempo, o que mostra que as pessoas estão se recuperando da infecção, isso mostra o processo de recuperação natural após o período de 14 dias de recuperação.

A quantidade de mortes aumenta gradualmente, o que indica que, ao longo da simulação, algumas das pessoas infectadas não sobreviveram. A curva também parece se estabilizar, sugerindo que, assim como a taxa de infecção, as mortes estão diminuindo.

Já o número acumulado de pessoas que foram infectadas também mostra sinais de estabilização no final, o que indica que poucas ou nenhuma nova infecção está ocorrendo.

Resultados numéricos da população final

- Número de recuperados: 39
- Número de saudáveis: 120
- Número de Infectados atual: 0
- Número de mortes: 41

Isso significa que no final da pandemia 20.5% da população morreu e 79.5% Sobreviveu

Estatística individuais para os grupos

- Quantidade de pessoas usando máscara
 - 102 -> 87
 - Taxa de morte para esse grupo: 14.71%
- Quantidade de pessoas que tomaram a vacina
 - 159 -> 145
 - Taxa de morte para esse grupo: 8.81%
- Quantidade de pessoas que não usaram máscara e que nem vacinaram
 - 26 -> 8
 - Taxa de morte para esse grupo: 69.23%
- Quantidade de pessoas que não usaram máscara e se vacinaram
 - 72 -> 64
 - Taxa de morte para esse grupo: 11.11%
- Quantidade de pessoas que usaram máscara e não se vacinaram
 - 15 -> 6
 - Taxa de morte para esse grupo: 60.00%
- Quantidade de pessoas que usaram máscara e se vacinaram
 - 87 -> 81
 - Taxa de morte para esse grupo: 6.89%

Numero de Recuperados 39	Total de mortes 41	Quantidade Usando Máscada 87	Quantidade não usando máscara e não vacinado 8
Numero de saudaveis 120	Total de Infectados 70	Quantidade de Vacinados 145	Quantidade não usando máscara e vacinado 64
Numero de Infectados 0		Quantidade usando máscara e vacinado 81	Quantidade usando máscara e não vacinado 6

Com esses dados as hipóteses iniciais são confirmadas: o grupo que teve a menor taxa de mortalidade foi a combinação de vacinação e uso de máscara, sendo a estratégia mais eficaz para reduzir mortes durante a pandemia.

Percebe-se também que a vacinação reduziu consideravelmente a taxa de mortalidade. Este grupo com pessoas vacinadas foram os que tiveram a menor taxa de morte, indicando a eficácia da vacina em prevenir casos fatais da doença.

O uso de máscaras ajudou a reduzir a taxa de mortalidade, mas ainda assim, houve uma quantidade significativa de mortes. Isso pode indicar que, enquanto as máscaras oferecem proteção, não são completamente eficazes sem vacinação.

As pessoas que não se vacinaram e não usaram máscara foram as que tiveram a maior taxa de mortalidade, destacando os riscos de não se proteger adequadamente. Sem máscaras ou vacina, a maioria das pessoas neste grupo não sobreviveu à pandemia

Conclusão:

Os dados mostram que a combinação de vacinação e uso de máscara é a mais eficaz para reduzir a mortalidade, com a menor taxa de morte (6,89%). A vacinação por si só também foi bastante eficaz (8,81% de taxa de morte), enquanto o uso de máscaras sem vacinação ainda ofereceu alguma proteção, mas não tão eficaz quanto a combinação de ambos.

Já as pessoas que não se protegem de nenhuma maneira (sem máscaras e sem vacina) tiveram a maior taxa de mortalidade (69,23%), o que destaca a importância de adotar múltiplas medidas de proteção em uma pandemia.