

# Modelo baseado em multiagentes para aplicação de estratégias de isolamento social para o combate da pandemia da Covid-19

Giulia T. Monteiro, Diana F. Adamatti

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGComp)  
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Caixa Postal 474 – 96.203-900 – Rio Grande – RS – Brazil

{giuliatondinm, dianaada}@gmail.com

**Abstract.** *This paper presents a model based on multi-agents to visualize new strategies of social distancing to deal with the Covid-19 pandemic and demonstrates an alternative to the lockdown procedure widely adopted by several regions of the world. The achieved results showed the importance of complying with the isolation norms and the possible positive effects of a cyclical strategy of controlled reopening of different sectors of the economy on the rate of the disease transmission.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um modelo baseado em multiagentes para visualização de novas estratégias de distanciamento social para lidar com a pandemia da Covid-19 e demonstra uma alternativa para o procedimento de lockdown amplamente adotado por diversas regiões do mundo. Os resultados alcançados evidenciaram a importância do cumprimento das normas de isolamento e os possíveis efeitos positivos de uma estratégia cíclica de reabertura controlada de diferentes setores da economia sobre a taxa de transmissão da doença.*

## 1. Introdução

O mundo enfrenta atualmente uma grave crise sanitária: a pandemia de Covid-19, causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). Relatado pela primeira vez em Wuhan na China em dezembro de 2019, espalhou-se rapidamente por diversos países asiáticos, chegando a Europa e, posteriormente, aos demais continentes. O primeiro caso da doença no Brasil foi confirmado em fevereiro de 2020 e um ano após essa confirmação, o país já havia acumulado um número total de mortes de aproximadamente 250 mil pessoas [Saúde 2021].

Visto a gravidade dessa doença altamente transmissível, diversas medidas de prevenção foram tomadas em todos os países para diminuir os casos de Covid-19 e evitar o colapso dos sistemas de saúde. Uma das estratégias que foi amplamente adotada por várias regiões do mundo foi o chamado *lockdown* [Atalan 2020]. De modo simples, essa medida bloqueia a movimentação e as atividades econômicas quando um número limite de casos da doença é excedido e desbloqueia, quando os casos diminuem. Essa medida foi implementada com menor ou maior amplitude nessas diversas regiões e contribuiu para impedir o sobrecarregamento dos serviços de saúde.

Porém, no estudo realizado por [Karin et al. 2020], observou-se que os procedimentos operacionais de sua implementação poderiam levar ao surgimento de novas ondas com o acúmulo de novos casos ao liberar a movimentação e as atividades, além de levar à incerteza econômica. Nessa pesquisa, a curva de disseminação da Covid-19 durante períodos de *lockdown* padrão foi comparada com a curva de disseminação resultante de uma nova estratégia cíclica adaptativa para essa medida. Nessa nova estratégia, é apontada uma adaptação cíclica do *lockdown* onde  $x$  dias a população realiza suas atividades no meio social e  $y$  dias, mantém-se em isolamento. A partir dessa comparação matemática, foi demonstrado que uma estratégia cíclica de *lockdown* seria mais eficiente do que a sua abordagem padrão no achatamento da curva de disseminação da doença, diminuindo a taxa de disseminação da doença ao longo do tempo.

Este trabalho tem como objetivo adaptar essa nova estratégia proposta de forma matemática e levar alguns de seus fatores para um modelo baseado em multiagentes. Busca-se, através da simulação de diferentes cenários de reabertura dos setores da economia, das diferentes combinações de medidas de prevenção e diferentes ciclos de isolamento social, demonstrar como esses fatores afetam a taxa de disseminação da doença.

## 2. Simulação

A simulação foi implementada na plataforma NetLogo<sup>1</sup>, que possui uma linguagem de programação própria e um interface gráfica para o desenvolvimento de modelos baseados em agentes. O modelo desenvolvido permite realizar simulações com uma população de até 999 pessoas e até 100 pessoas já infectadas ao iniciar o cenário. Seu código fonte está disponível em um repositório na plataforma GitHub<sup>2</sup>.

Para relacionar o nível de severidade da doença sobre uma pessoa e como a mesma se comportaria durante a simulação, a população foi dividida em grupos etários. De modo geral, uma população pode ser dividida, a partir de dados demográficos, em três faixas: jovens, adultos e idosos [Sebastien et al. 2020]. Além disso, no ambiente proposto, a população pode ser segmentada em grupos familiares, compostos por uma média de 3 pessoas por casa. Essa média foi definida a partir do resultado do levantamento do número médio da composição familiar no Brasil realizado no estudo de [Ohana 2019].

Nesse modelo, diferentes cenários de reabertura dos setores da economia podem ser simulados. Os setores que constituem a simulação são: serviços, comércio, indústria, construção e escola. Cada pessoa da população faz parte de apenas um setor. Os jovens pertencem ao setor “escola” e a população adulta é distribuída no restante dos setores. Todas as pessoas idosas ou apenas uma parcela podem ser definidas como aposentadas. Os idosos não aposentados são divididos juntamente com a população adulta pelos setores.

A plataforma NetLogo utiliza-se de um contador, chamado de *tick*, para representar a passagem do tempo em uma determinada simulação. No modelo proposto, foi definido um relógio que realiza a contagem dos dias e horas desde o início da simulação baseado nesses *ticks*. Cada dia é composto por 10 *ticks*. Ao iniciar o dia, cada pessoa da população afasta-se de seu grupo familiar e movimenta-se para o seu setor específico. Dentro da área do setor, a pessoa move-se aleatoriamente. Ao fim do dia, cada pessoa

---

<sup>1</sup><https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

<sup>2</sup><https://github.com/giuliatondin/cyclic-lockdown-model>

volta para o seu grupo familiar. Sempre ao iniciar um novo dia, é verificado quais setores estão abertos e apenas a parcela da população referente aos mesmos voltam a movimentar-se.

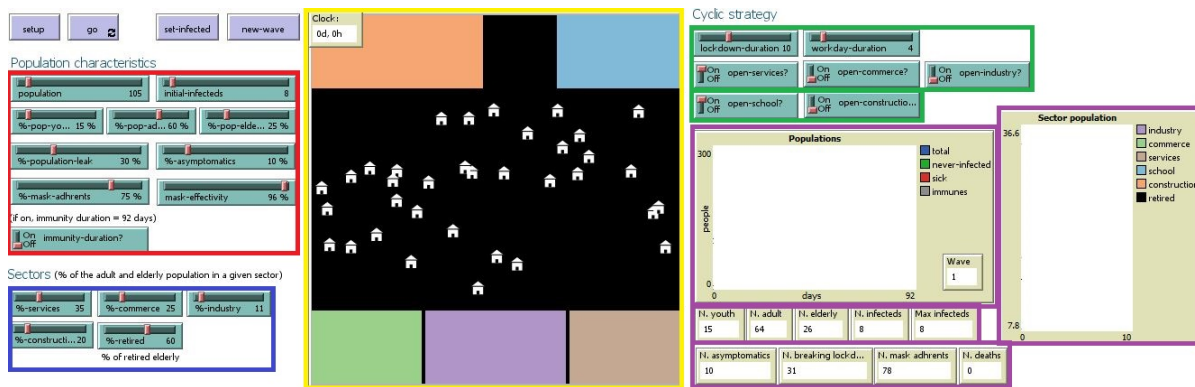
## 2.1. Ambiente

O ambiente deste modelo é fundamentado a partir de dois agentes: *Turtles*, agentes que se movem no mundo, e *Patches*, agentes que formam o ambiente bidimensional.

No atual modelo, as *Turtles* são divididas em 3 *breeds* (espécies). O primeiro *breed* denominado **healthys** contém todas as pessoas saudáveis, que não foram contaminadas ou estão imunes, enquanto que o *breed* **sicks** contém aquelas que estão doentes e que contaminam outras. Por fim, temos o *breed* **houses**, representadas por imagens de casas no ambiente, onde são definidos os locais de moradia dos grupos familiares. A quantidade de casas é definida pelo número total da população dividida por 3 (vide a média da composição familiar apresentada anteriormente), logo, cada casa é composta por uma média de 3 *turtles* das duas primeiras *breeds*.

Os *Patches* dividem-se em 6 grupos: a área alheia aos setores da economia é representada pela cor **preta**; o setor serviços é representado pela cor **marrom**; o setor comércio pela cor **verde**; a indústria pela cor **lilás**; o setor de construção pela cor **laranja**; e a escola pela cor **azul**. O ambiente de simulação pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Interface do modelo no NetLogo



Fonte: Autoria própria.

A área de destaque amarela da Figura 1 contém os *Patches* dos setores da economia e da área alheia aos mesmos, locais onde os agentes da simulação movimentam-se. As áreas de destaque vermelha, azul e verde contém os parâmetros da simulação que podem ser modificados para gerar cenários diferentes de comparação. A área destacada na cor roxa compreende os gráficos e campos de exibição dos valores obtidos durante uma simulação.

A área de destaque vermelha compreende os parâmetros relacionados a população, sendo eles: **population**, refere-se ao número de pessoas no ambiente; **initial-infecteds**, o total de pessoas que iniciam a simulação infectadas; **%-population-leak**, a porcentagem de pessoas que não respeitam o *lockdown*; **%-asymptomatics**, a porcentagem de

peças assintomáticas; *%-mask-adherents* a porcentagem de pessoas que são adeptas ao uso da máscara; e *mask-effectivity*, a efetividade de proteção da máscara utilizada pela população. Além disso, é possível definir a porcentagem de cada parcela da população através dos parâmetros *%-pop-youth*, *%-pop-adult* e *%-pop-elderly*. Por fim, também é permitido configurar através do parâmetro *immunity-duration* a possibilidade de uma pessoa que curou-se da doença perder essa imunidade e infectar-se novamente.

A área de destaque azul contém os parâmetros dos setores, sendo eles: *%-services*, *%-commerce*, *%-industry*, *%-construction*, que representam a porcentagem da população de adultos e não aposentados presente nos setores de serviço, comércio, indústria e construção respectivamente. Além disso, é possível definir a porcentagem da população de idosos aposentados através da variável *%-retired*.

Enquanto que a área de destaque verde apresenta os parâmetros a estratégia adotada durante uma simulação, sendo eles: *lockdown-duration* e *workday-duration*, que representam a quantidade de dias que compõe o ciclo de *lockdown* e liberação das atividades no meio social. Por fim, é possível definir se determinado setor estará aberto no ciclo da estratégia utilizando os parâmetros *open-services*, *open-commerce*, *open-industry*, *open-construction* e *open-school*.

Por fim, a área de destaque roxa abrange 9 componentes monitores, para verificação das variáveis percentuais definidas e para o acompanhamento do número total de infectados e mortos. Ademais, são apresentados dois componentes gráficos chamados *Populations* e *Sector population*, onde o primeiro apresenta a curva do número de pessoas doentes durante o período simulado, nunca infectadas ou imunes na simulação ao longo do tempo, e o segundo apresenta a quantidade de pessoas em cada um dos setores ao longo do tempo.

## 2.2. Comportamento

A simulação permite criar diversos cenários de estratégia para o *lockdown* e a circulação controlada de pessoas pelo ambiente. A população pode ser de três tipos:

- Pessoas saudáveis: movem-se pela área referente ao seu setor, caso este esteja em funcionamento na estratégia definida para o cenário;
- Pessoas doentes sintomáticas: ficam em *lockdown* mesmo que o seu setor esteja em funcionamento;
- Pessoas doentes assintomáticas: movem-se pela área referente ao seu setor, caso este esteja em funcionamento, podendo infectar pessoas saudáveis do ambiente.

A probabilidade de uma pessoa infectada contaminar pessoas saudáveis foi definida de acordo com o estudo de [Liu et al. 2020], variando conforme a relação entre as duas pessoas e as suas idades. Baseado nesse estudo, o risco de contágio entre pessoas que moram na mesma casa neste modelo é de 6,4% para aqueles que possuem menos de 20 anos, 17,1% para adultos e 28% para aqueles com 60 anos ou mais. A probabilidade de transmissão secundária, ou seja, entre pessoas que não moram juntas, é de apenas 2,4%.

No caso de pessoas do mesmo grupo familiar, a transmissão pode ocorrer, levando em consideração as probabilidades definidas anteriormente, quando os agentes retornam para a casa ao fim do dia. Enquanto que a transmissão secundária, pode ocorrer dentro da área do setor a cada *tick* da simulação no período de abertura do mesmo, a depender

da distância da pessoa contaminada de uma pessoa saudável, caso as duas se cruzem no mesmo *patch* é realizado o cálculo da probabilidade de contaminação.

A taxa de mortalidade entre as pessoas infectadas foi definida de acordo com o estudo realizado pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças [Team 2020]. Para isso, foram definidas faixas de idade para cada grupo etário: os jovens possuem idades entre 5 e 19 anos, adultos possuem idades entre 20 e 59, enquanto que todos acima de 60 anos são considerados idosos. As probabilidades de letalidade da doença de acordo com a idade, sem levar em consideração as variantes que surgiram recentemente, podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Taxa de letalidade de acordo com a faixa etária**

Faixa etária	Taxa de letalidade
Entre 5 e 9 anos	Probabilidade de 0,1% de morte
Entre 10 e 39 anos	Probabilidade de 0,2% de morte
Entre 40 e 49 anos	Probabilidade de 0,4% de morte
Entre 50 e 59 anos	Probabilidade de 1,3% de morte
Entre 60 e 69 anos	Probabilidade de 3,6% de morte
Entre 70 e 79 anos	Probabilidade de 8% de morte
Acima de 80 anos	Probabilidade de 14,8% de morte

No modelo proposto, também foi levado em consideração a possível parcela da população que não respeita as regras de distanciamento e de *lockdown*. Essas pessoas, mesmo que o seu setor não esteja em funcionamento ou esteja infectada e seja sintomática, circulam pela ambiente, podendo infectar outras pessoas. O tamanho da parcela da população que “vazam” o isolamento é definido através da interface.

### 2.3. Cenários

São considerados como cenários de simulação os testes realizados com diferentes valores para os parâmetros referentes a população e o ambiente, buscando comparar os resultados e verificar quais combinações possuem o melhor efeito sobre a diminuição da taxa de disseminação.

Nos cenários definidos, foi inicializada uma população de 225 pessoas, sendo composta 15% por jovens, 60% por pessoas adultas e 25% por pessoas idosas, além de 8 pessoas já iniciarem a simulação infectadas. Além disso, 10% da população foi definida como assintomática e 75% como aderente ao uso da máscara nos meios sociais. Preliminarmente, todas as máscaras possuem 96% de efetividade.

Em relação aos setores da economia, a divisão inicial foi definida da seguinte maneira: 35% da população foi dividida para o setor de serviços, 25% para o comércio, 10% para a indústria e 30% para a construção. Além disso, 60% da população idosa foi indicada como aposentada. Todas as simulações apresentadas inicialmente possuem um ciclo de 14 dias, onde a interação social ocorre durante 4 dias e o isolamento, durante 10 dias.

Os valores citados acima podem ser modificados através da interface, de modo que os parâmetros da simulação aproximem-se mais da realidade de cada região. Os

valores definidos nesse estudo possibilitam a comparação dos resultados obtidos a partir dos parâmetros chaves de cada uma das simulações que serão analisadas na seção 3.

### 3. Resultados

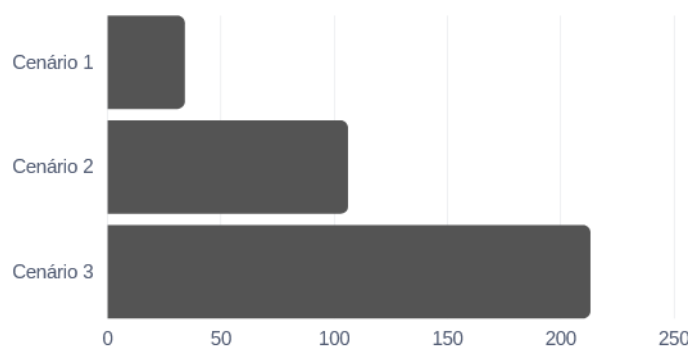
Para realizar a análise do funcionamento do modelo e os possíveis efeitos da estratégia cíclica sobre a disseminação da doença, foram definidos 11 cenários distribuídos em 3 comparações. Esses cenários utilizaram os valores definidos na subseção 2.3, modificando apenas os números e taxas dos parâmetros chaves de cada cenário a ser comparado, apontados adiante.

Através dos cenários definidos, busca-se comparar a quantidade de infectados em diferentes configurações. Na primeira comparação, serão definidos valores distintos para o vazamento do *lockdown*, enquanto que na segunda, serão analisados os efeitos de diferentes taxas de adeptos ao uso e efetividade das máscaras. Na terceira comparação, serão analisados os efeitos das diferentes combinações de aberturas de setores. Na última comparação, serão apresentados resultados obtidos ao testar com dias de *lockdown* e de trabalho diferentes dos testes anteriores. Os resultados de cada uma das comparações foram obtidos através do cálculo dos valores médios atingidos ao longo de 5 execuções em cada cenário.

#### 3.1. Primeira comparação

Os primeiros três cenários comparados são apresentados para demonstrar a importância do cumprimento das normas de distanciamento social e do respeito ao *lockdown*. Nesses cenários, apenas dois setores foram setados como abertos, sendo eles: serviços e escola. Porém, no primeiro cenário o *lockdown* é respeitado completamente, com 0% de quebra da quarentena. Já no segundo cenário, existe um vazamento de 30%, sendo este considerado o limite ideal. E no terceiro cenário, existe um vazamento de 60%. Apenas nessa diferença de valores já é possível observar os grandes efeitos no aumento de disseminação da doença, como é demonstrado na Figura 2.

Figura 2. Média de infectados das diferentes quebras do *lockdown*



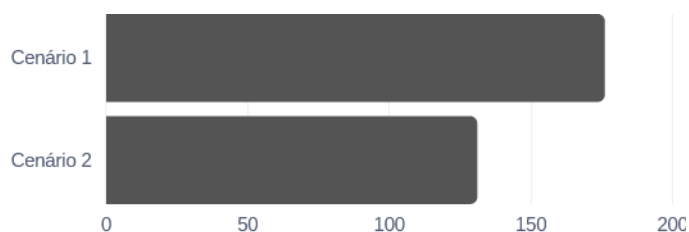
Fonte: Autoria própria.

No cenário 1, o total de infectados durante a simulação foi de apenas 34, enquanto no segundo cenário já aumentou para 106 e no terceiro e pior caso, aumentou para 213. Foi possível perceber durante a simulação que a disseminação da doença é muito mais rápida no cenário 3 do que a no cenário 2, que apesar de também ter um vazamento do *lockdown*, ele é mais contido.

### 3.2. Segunda comparação

Os seguintes cenários verificaram a importância da adoção do uso da máscara pela população no meio social. Para realizar essa verificação, todos os setores foram abertos. A taxa de vazamento do *lockdown* é de 30% em ambas as comparações. No cenário 1, a porcentagem de adeptos ao uso da máscara em uma população é de apenas 40%, enquanto que no cenário 2, a porcentagem é de 80%, como pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3. Média de infectados em relação ao uso de máscaras**

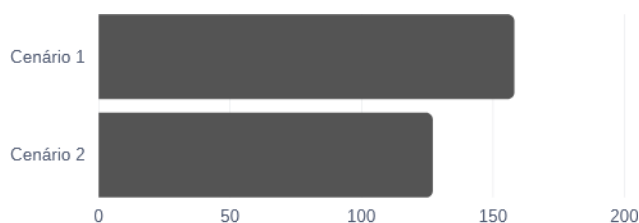


Fonte: Autoria própria.

A partir dessa comparação, pode-se perceber que apesar dos dois cenários possuírem a mesma taxa de vazamento do *lockdown*, a aderência ao uso da máscara é um fator significativo no número total de infectados. No cenário onde o uso da máscara por uma população é de apenas 40%, a média total de infectados foi de 176, enquanto que no cenário onde o uso da máscara foi de 80%, a média de infectados diminuiu para 131, ou seja, 45 pessoas infectadas a menos. Essa diferença é um número considerável, visto a rapidez da disseminação da doença e o número restrito de leitos para o tratamento dos casos mais graves.

O uso da máscara no meio social é muito importante mesmo que a pessoa não esteja sentindo sintomas, porém dependendo do material utilizado na sua confecção, a mesma pode não ter uma boa efetividade. Nas simulações a seguir, foi levado em consideração um número maior de pessoas assintomáticas, aumentando para 30%. Nesse caso, por mais que a pessoa esteja doente, ela continuará movimentando-se pelo ambiente. Para verificar como a disseminação da doença comporta-se ao utilizar máscaras, com diferentes taxas de efetividade, o total de adesão cresceu para 100%. No cenário 1, as máscaras utilizadas possuem efetividade de 80% e no cenário 2, de 96%, como pode ser observado na Figura 4. No cenário 1, uma média de 158 pessoas foram contaminadas com o vírus, diminuindo para 127 pessoas, no cenário 2, ao utilizar uma máscara com maior efetividade.

**Figura 4. Média de infectados em relação a efetividade das máscaras**



Fonte: Autoria própria.

### 3.3. Terceira comparação

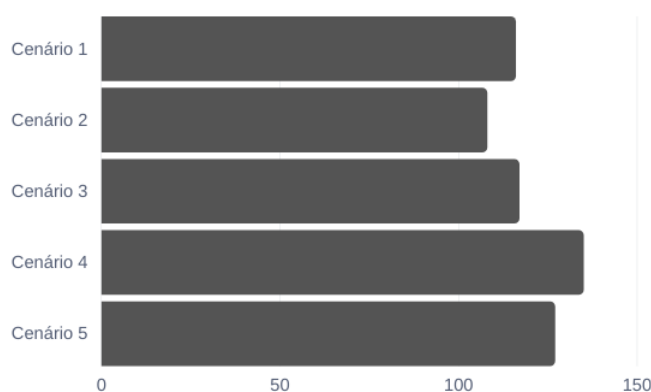
As próximas simulações utilizaram diferentes combinações de aberturas de setores para verificar os efeitos das mesmas na taxa de disseminação. Para isso, o total de assintomáticos durante essa comparação foi setado como 10%, o número de pessoas que aderiram ao uso da máscara foi de 80%, a efetividade da máscara utilizada pela população foi setada como 96% e a quebra do *lockdown* é de 30%. A divisão dessas diferentes aberturas nos cenários de simulação pode ser observada na Tabela 2.

**Tabela 2. Cenários de diferentes aberturas de setores**

Cenário	Setores abertos
1	Serviços, comércio e escola
2	Comércio, construção e indústria
3	Comércio, indústria e escola
4	Serviços, comércio e indústria
5	Construção, serviço e escola

É importante salientar que as distâncias dos setores no ambiente não afetam o número de contaminações. A média de infectados em cada um dos cenários pode ser visualizada na Figura 5.

**Figura 5. Média de infectados em relação aos setores abertos**



Fonte: Autoria própria.

A menor média de disseminação foi obtida no cenário 2, com a abertura dos setores: comércio, construção e indústria. Isso pode ser justificado pois o ambiente de trabalho do setor de construção foi definido em uma área maior para representar um ambiente mais aberto e com menos contato pessoal. No caso da indústria, a sua área é um pouco menor que a da construção, porém maior do que as áreas dos outros setores, visto que na indústria o contato pessoal e divisão dos locais de trabalho também é menor do que nos outros setores. O maior número de infectados foi obtido no cenário de abertura dos setores: serviços, comércio e indústria, podendo ser justificado pela grande movimentação e contato nos setores de serviços e comércio.

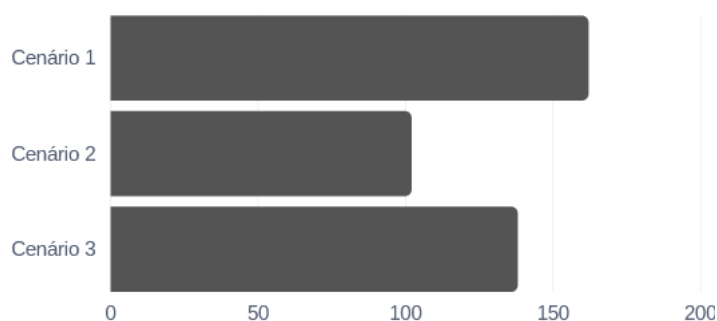
### 3.4. Quarta comparação

Por fim, a última comparação será relacionada aos dias de *lockdown* e dias de trabalho utilizados na estratégia cíclica. Em todos os cenários anteriores, a divisão desses dias era



de 10 dias de *lockdown* e 4 dias de trabalho, sendo identificado nessa comparação como Cenário 1. No Cenário 2, o tempo de *lockdown* foi aumentado para 15 dias e apenas 3 dias de trabalho. Enquanto que no Cenário 3, o tempo de *lockdown* foi de 9 dias e de trabalho, 5. Além disso, os setores abertos nessa comparação são os que obtiveram a melhor média nos testes de abertura de setores apresentado anteriormente, sendo eles: comércio, construção e indústria. As médias de infectados para esses cenários podem ser observadas na Figura 6.

**Figura 6. Média de pessoas infectadas em relação a quantidade de dias do ciclo**



Fonte: Autoria própria.

No cenário 1, a média total de infectados durante os testes foi 162. No cenário 2, a média final foi de 102. Já no cenário 3, a média de infectados foi de 143. A partir disso, é possível perceber como a taxa de disseminação pode comportar-se ao adaptar a estratégia cíclica do *lockdown*. Apesar da comparação apresentada ser simples, a mesma demonstra que existem muitas possibilidades de testes para observação da melhor estratégia a ser aplicada em determinada população.

#### 4. Conclusão

Uma simulação baseada em multiagentes permite estudar cenários do mundo real, comparar e observar possíveis soluções de uma determinada problemática. Nesse trabalho, foi apresentado um novo modelo para a visualização de novas estratégias de isolamento social para lidar com a pandemia causada pela Covid-19, levando em consideração fatores como a probabilidade de contaminação entre faixas etárias, regras de utilização de máscaras e distanciamento, assim como a quantidade de pessoas que não respeitam essas regras.

Foram apresentadas comparações que demonstraram as possibilidades existentes no modelo proposto. Os resultados obtidos evidenciaram a importância do cumprimento das normas de distanciamento social e do respeito ao *lockdown*, assim como do uso da máscara pela população no meio social. Além disso, esclareceram como a taxa de disseminação da doença pode obter resultados diferentes ao adaptar o *lockdown* para uma estratégia cíclica com diferentes reaberturas de setores. Os resultados alcançados foram apresentados de forma introdutória, assim como as possibilidades de combinações de reabertura de setores econômicos, de modo a demonstrar o potencial do modelo, sendo possível ajustar e analisar as diferentes variáveis do modelo para tornar o ambiente mais próximo da realidade.

Esse modelo busca contribuir para a comunidade no que se refere a modelos de propagação de doenças em uma população fechada, incorporando fatores específicos referentes ao novo coronavírus e estratégias de contenção, demonstrando através dele que a adaptação do cotidiano, com medidas de contenção e distanciamento, assim como a implantação de uma rotina de abertura e fechamento programada de setores da economia, pode obter resultados efetivos na contenção da transmissão da doença.

Como trabalhos futuros, pretende-se analisar de forma mais aprofundada os efeitos de cada uma das variáveis e adaptações do ciclo de *lockdown*, como a abertura parcial dos setores da economia e a taxa de circulação de pessoas na área. Além disso, é possível incluir em estudos futuros os efeitos da taxa de imunização através da vacina sobre a disseminação da doença, além de levar em consideração outras possíveis dinâmicas de transmissão e reinfecção da doença e os diferentes impactos sobre a população.

## Referências

- Atalan, A. (2020). Is the lockdown important to prevent the covid-19 pandemic? effects on psychology, environment and economy-perspective. *Annals of Medicine and Surgery*, 56:38–42.
- Karin, O., Bar-On, Y., Milo, T., Katzir, I., Mayo, A., Korem, Y., Dudovich, B., Zehavi, A., Davidovich, N., Milo, R., and Alon, U. (2020). Cyclic exit strategies to suppress COVID-19 and allow economic activity. *medRxiv*, pages 1–24.
- Liu, M.-J., Zhang, Z.-B., Fang, L.-Q., Yuan, J., Zhang, A.-R., Dean, N., Luo, L., Ma, M.-M., Longini, I., Kenah, E., Lu, Y., Ma, Y., Jalali, N., Yang, Z., and Yang, Y. (2020). Household secondary attack rate of COVID-19 and associated determinants in Guangzhou, China: a retrospective cohort study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20.
- Ohana, V. (2019). Ibge: 2,7% das famílias ganham um quinto de toda a renda no Brasil. [www.shorturl.at/dkU28](http://www.shorturl.at/dkU28). Acesso em: 22-07-2021.
- Saúde, S. (2021). Linha do tempo do Coronavírus no Brasil. [www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil](http://www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil). Acesso em: 22-07-2021.
- Sebastien, R., Olivier, M., and Doncescu, A. (2020). Use of fuzzy sets, aggregation operators and multi agent systems to simulate COVID-19 transmission in a context of absence of barrier gestures and social distancing: application to an island region. *Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*, pages 2298–2305.
- Team, T. N. C. P. E. R. E. (2020). The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) — china, 2020. *China CDC Weekly*, page 113.