

Simulação Epidemiológica SIR em um Bairro Universitário: Um Estudo de caso com Autômatos Celulares para Propagação de Doenças em Areas Densamente Povoadas com Faixas etárias jovem

Aline Santana Limeira¹

¹Departamento de Estatística e Informática – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, - CEP: 52171-900 – Recife – PE – Brasil

{aline.limeira}@ufrpe.br

Abstract.

Resumo. *Este estudo de caso apresenta uma simulação epidemiológica baseada no modelo SIR (Susceptível, Infectado, Recuperado) utilizando autômatos celulares. A implementação usa a Vizinhaça de Moore para modelar a propagação de uma doença em uma população heterogenea com características compartilhadas (faixa etária e convívio social comum), fornecendo uma visualização espacial da dinâmica da infecção. A abordagem proposta combina princípios de autômatos celulares do livro Cellular Automata: A Discrete View of the World de Joel Schiff com o modelo epidemiológico descrito em Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals. Os resultados demonstram a aplicabilidade do método para simular cenários epidemiológicos e sugerem seu potencial para análises futuras, especialmente em contextos de mobilidade e heterogeneidade populacional.*

1. Introdução

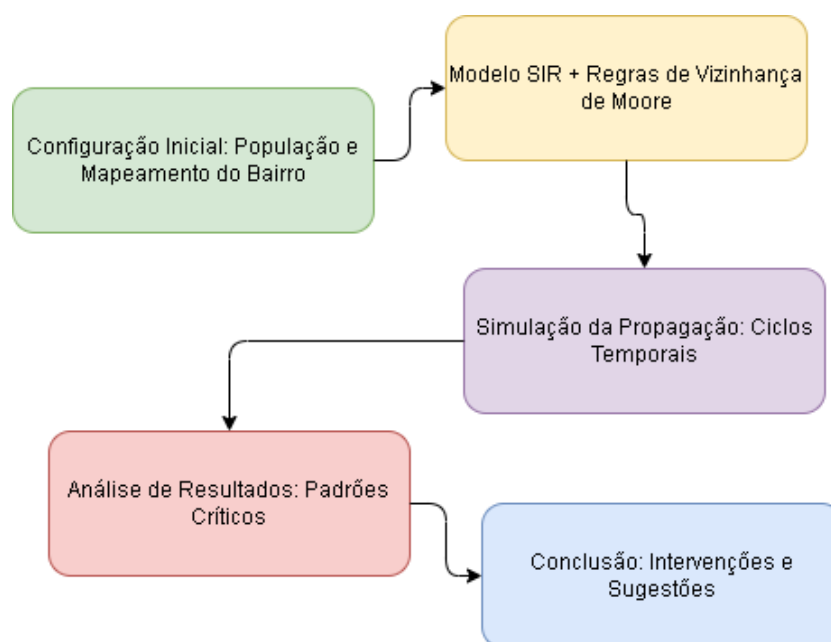
A modelagem matemática de doenças infecciosas tem desempenhado um papel crucial na compreensão das dinâmicas de transmissão de patógenos e na formulação de estratégias de controle epidemiológico. Dentre os modelos clássicos, o modelo SIR (Susceptible-Infected-Recovered) destaca-se por sua simplicidade e eficácia ao dividir a população em compartimentos suscetíveis, infectados e recuperados. Esse modelo tem sido amplamente utilizado em diferentes contextos epidemiológicos, permitindo a previsão de picos de infecção e a avaliação de intervenções como quarentenas e campanhas de vacinação Hethcote (2000).

Anderson and May (1992), ampliaram o uso do modelo SIR ao introduzir elementos adicionais que consideram as complexidades sociais e biológicas na transmissão de doenças infecciosas. Sua abordagem multidisciplinar, integrando biologia e física teórica, trouxeram novos insights sobre como a dinâmica populacional e o comportamento social influenciam o avanço de pandemias, especialmente em populações heterogêneas. Neste estudo de caso o proposto é considerando recuperados diferentemente do estudo proposto pelos autores citados entretanto para Anderson and May (1992) o fator social é crucial por isso foi utilizado de forma nevrálgica neste estudo de caso.

Neste estudo de caso, é proposta uma simulação epidemiológica baseada no modelo SIR utilizando autômatos celulares, aplicada a características de um bairro universitário caracterizado por alta densidade populacional e predominância de jovens adultos. O código base da simulação foi desenvolvido em Python, utilizando bibliotecas como Numpy e Matplotlib, com uma grade de 50x50 células representando indivíduos na população simulada. A simulação adota a vizinhança de Moore para modelar a transmissão da infecção, onde células infectadas podem contaminar vizinhos suscetíveis com uma probabilidade predefinida. Além disso, o modelo incorpora o tempo de recuperação médio, permitindo a transição de infectados para recuperados após cinco ciclos de simulação.

A técnica de autômatos celulares permite modelar o espaço de forma discreta, oferecendo uma perspectiva granular e adaptativa à complexidade do sistema real Schiff (2011). Ao combinar o arcabouço teórico do modelo SIR com a simulação baseada em autômatos celulares, o estudo de caso visa contribuir para o entendimento da dinâmica epidemiológica em áreas urbanas específicas. Além disso, a pesquisa busca alinhar-se aos esforços anteriores de Anderson and May (1992) ao explorar como diferentes intervenções de controle podem impactar a disseminação da doença em populações fechadas, fornecendo subsídios para políticas públicas mais eficazes.

Figura 1. Fluxograma do processo citado



Fonte: autor (2024)

2. Ferramentas e Método

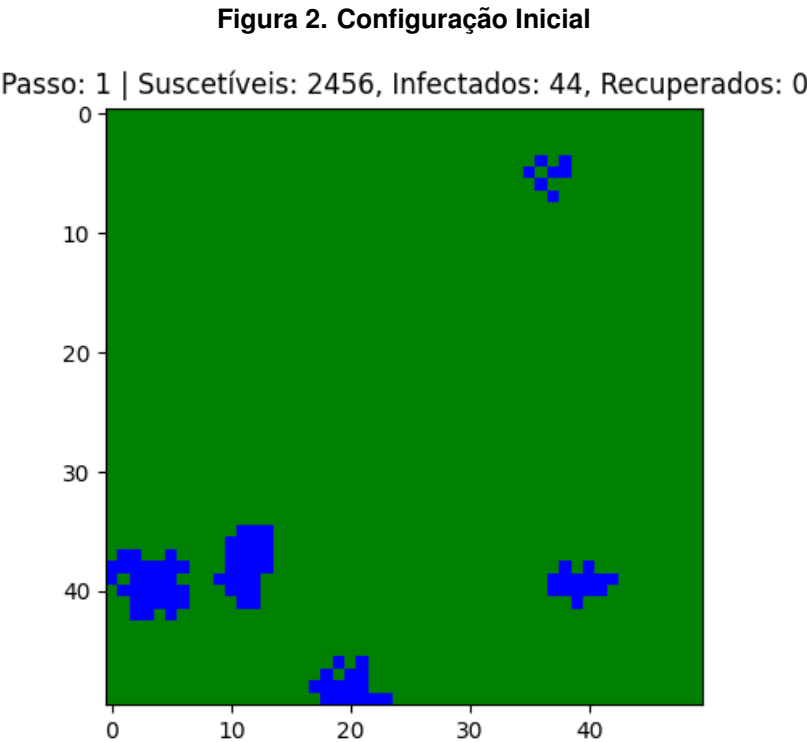
A simulação foi implementada em Python, utilizando as seguintes bibliotecas principais:

- **Numpy**: Para manipulação de arrays e criação da grade da simulação.
- **Matplotlib**: Para visualização e criação de animações da propagação da doença.
- **IPython.display**: Para exibição da animação diretamente no Jupyter Notebook.

A simulação utiliza uma grade 50x50 de autômatos celulares, onde cada célula pode estar em um dos três estados do modelo SIR: Suscetível, Infectado ou Recuperado. O modelo adota a vizinhança de Moore para definir os vizinhos de cada célula, e a dinâmica de infecção é baseada em uma probabilidade predefinida. O tempo médio de recuperação foi configurado para 5 ciclos de simulação, e a evolução do sistema é exibida em tempo real por meio de uma animação.

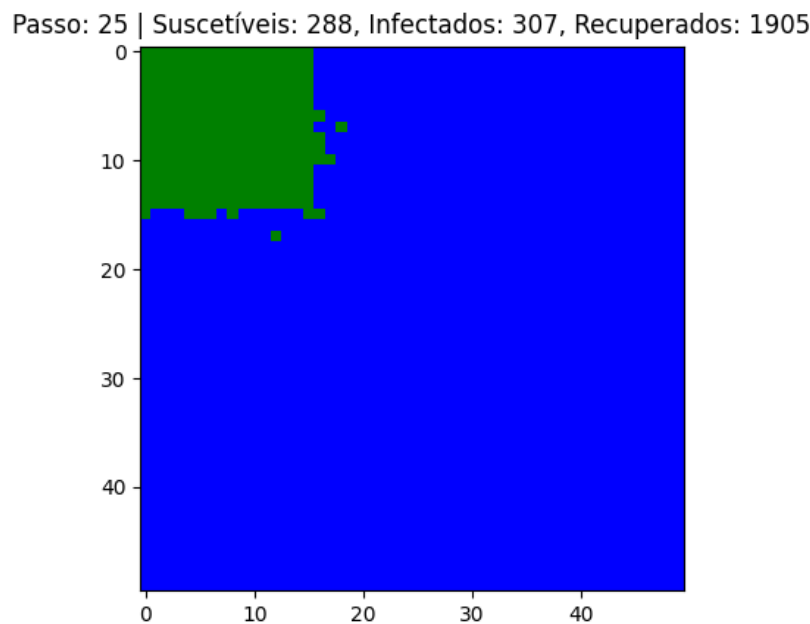
3. Resultados

Os resultados da simulação mostraram que, mesmo com uma baixa quantidade inicial de infectados, a doença se espalhou rapidamente devido à alta densidade populacional e ao comportamento da vizinhança de Moore. Durante os 100 ciclos simulados, observou-se um pico significativo de infecções, seguido de uma estabilização à medida que mais células se recuperavam. A análise visual da animação demonstrou padrões de clusters de infecção e a importância das células recuperadas na contenção do surto.



Fonte: autor (2024)

Figura 3. Cenário com 25% dos passos esperados



Fonte: autor (2024)

4. Discussões e Trabalhos futuros

A simulação proposta demonstrou a eficácia do uso de autômatos celulares para representar a dinâmica do modelo SIR em um contexto urbano específico. No entanto, há espaço para aprimoramentos. Trabalhos futuros podem incluir a introdução de mobilidade na população simulada, a heterogeneidade de contatos (como diferentes probabilidades de infecção para diferentes grupos) e a modelagem de intervenções como vacinação e isolamento social. Além disso, a validação da simulação com dados reais de casos epidemiológicos em bairros universitários pode enriquecer a aplicabilidade prática do estudo.

Referências

- R. M. Anderson and R. M. May. Understanding the aids pandemic. *Scientific American*, 266(5):58–67, 1992.
- H. W. Hethcote. The mathematics of infectious diseases. *SIAM review*, 42(4):599–653, 2000.
- J. L. Schiff. *Cellular automata: a discrete view of the world*. John Wiley & Sons, 2011.