

# Mitigação da Propagação de Desinformação em Comunidades Digitais com Autômato Celular Estocástico

Guilherme Salgueiro Silveira

## Resumo

Este trabalho apresenta um modelo aplicado de autômato celular para simular a dinâmica de propagação de desinformação em uma comunidade digital, incluindo mecanismos de checagem de fatos e correção por pares. Cada célula representa um usuário em uma grade bidimensional e assume um de três estados: não exposto, crente na desinformação ou corrigido. O modelo foi implementado em Python com atualização síncrona e regras probabilísticas locais. Foram comparados quatro cenários de intervenção: baixa verificação, verificação moderada, verificação intensa e campanha de alfabetização digital. Em 80 simulações (20 repetições por cenário), observou-se que o aumento da verificação reduz fortemente o pico de adesão à desinformação e a exposição acumulada. O cenário de campanha de alfabetização apresentou o melhor desempenho, com redução de 76,4% no pico e 75,5% na exposição acumulada em relação ao cenário de baixa verificação. Os resultados indicam que o modelo pode apoiar o planejamento de políticas de comunicação institucional orientadas por evidências.

**Palavras-chave:** autômato celular, desinformação, simulação estocástica, checagem de fatos, alfabetização digital.

## 1 Introdução

A propagação de desinformação em redes sociais e plataformas digitais tornou-se um problema prático para escolas, universidades, órgãos públicos e empresas. A velocidade de transmissão de conteúdos enganosos pode comprometer a tomada de decisão, reduzir a confiança institucional e ampliar riscos coletivos. Nesse contexto, modelos computacionais simples e interpretáveis podem ajudar no desenho de estratégias de resposta.

Autômatos celulares são adequados para esse tipo de problema porque representam sistemas complexos com regras locais e comportamento emergente global [1, 2]. Em vez de exigir informação completa sobre a rede social real, o modelo trabalha com vizinhanças locais, capturando um mecanismo essencial: pessoas tendem a ser influenciadas por contatos próximos. Esse enfoque é pedagogicamente forte para a disciplina e, ao mesmo tempo, útil para a exploração de políticas públicas.

Este artigo propõe um autômato celular estocástico aplicado à propagação de desinformação e compara estratégias de mitigação. A motivação prática é responder a uma pergunta objetiva: **quais intervenções locais reduzem mais rapidamente a difusão da desinformação e sua carga acumulada na comunidade?**

## 2 Objetivo e contribuições

O objetivo principal foi construir e avaliar um modelo replicável que conecte a teoria de autômatos celulares com um problema aplicado contemporâneo.

As contribuições do trabalho são:

1. Definição de um modelo probabilístico com três estados sociais (não exposto, crente e corrigido).
2. Implementação em código aberto, com configuração reproduzível por semente aleatória.
3. Avaliação experimental com múltiplos cenários de intervenção.
4. Quantificação de indicadores comparáveis: pico de crentes, tempo até o pico, fração final de crentes e exposição acumulada.

O código-fonte e os resultados experimentais estão disponíveis em:

<https://github.com/guilhermesilveiras/cellular-automata>

## 3 Materiais e métodos

### 3.1 Estrutura do autômato

Foi utilizada uma grade bidimensional de  $80 \times 80$  células (6400 agentes), com vizinhança de Moore (8 vizinhos) e contorno toroidal (bordas conectadas). Cada célula pode estar em um dos estados:

- UNAWARE (U): usuário ainda não exposto ou não convencido.
- BELIEVER (B): usuário que acredita e pode retransmitir desinformação.
- CORRECTED (C): usuário corrigido, menos suscetível e capaz de influenciar outros.

A atualização é síncrona: todas as células calculam a transição com base no estado do passo anterior.

### 3.2 Regras de transição

As transições são probabilísticas e limitadas ao intervalo  $[0, 1]$ .

#### 1) Propagação da crença

$$P(U \rightarrow B) = \beta \cdot \frac{n_B}{8} \quad (1)$$

#### 2) Correção do crente

$$P(B \rightarrow C) = \gamma + \delta \cdot \frac{n_C}{8} \quad (2)$$

### 3) Recaída do corrigido

$$P(C \rightarrow B) = \rho \cdot \frac{n_B}{8} \quad (3)$$

Em que  $n_B$  e  $n_C$  são, respectivamente, o número de vizinhos crentes e corrigidos. Os parâmetros são:

- $\beta$ : taxa de transmissão da desinformação;
- $\gamma$ : taxa basal de checagem institucional;
- $\delta$ : força da correção por pares;
- $\rho$ : propensão à recaída sob pressão local.

### 3.3 Configuração experimental

Parâmetros-base:

- passos por simulação: 160;
- densidade inicial de crentes: 3%;
- densidade inicial de corrigidos: 5%;
- $\beta = 0,60$ ,  $\delta = 0,45$ ,  $\rho = 0,07$ .

Foram executados quatro cenários, com 20 repetições cada (80 simulações no total):

1. **Baixa verificação:**  $\gamma = 0,01$
2. **Verificação moderada:**  $\gamma = 0,04$
3. **Verificação intensa:**  $\gamma = 0,08$
4. **Campanha de alfabetização digital:**  $\gamma = 0,04$ , corrigidos iniciais = 20%,  $\delta = 0,55$

Os indicadores analisados foram:

- pico da fração de crentes;
- tempo até o pico;
- fração final de crentes;
- fração final de corrigidos;
- exposição acumulada (soma da fração de crentes ao longo dos passos).

### 3.4 Implementação e reproduutibilidade

Todo o projeto foi implementado em Python, com:

- modelo em `src/misinformation_ca.py`;
- script de execução em `run_experiments.py`;
- testes unitários em `tests/test_misinformation_ca.py`;
- resultados em `outputs/misinformation/`.

Para reprodução:

```
python -m unittest discover -s tests -p "test_*.py"  
python run_experiments.py
```

## 4 Resultados

A Tabela 1 apresenta médias e desvios-padrão dos indicadores por cenário.

Tabela 1: Desempenho médio por cenário (20 repetições).

Cenário	Pico de crentes (média ± dp)	Tempo até o pico	Crentes finais	C
Baixa verificação	0.4722 ± 0.0257	15.00 ± 0.65	0.0000 ± 0.0000	0
Verificação moderada	0.3204 ± 0.0213	12.70 ± 0.47	0.0000 ± 0.0000	0
Verificação intensa	0.2057 ± 0.0190	11.35 ± 0.67	0.0000 ± 0.0000	0
Campanha de alfabetização	0.1114 ± 0.0087	9.10 ± 0.79	0.0000 ± 0.0000	0

Comparando com o cenário de baixa verificação:

- a verificação moderada reduziu o pico em **32,2%** e a exposição em **34,2%**;
- a verificação intensa reduziu o pico em **56,4%** e a exposição em **54,8%**;
- a campanha de alfabetização reduziu o pico em **76,4%** e a exposição em **75,5%**.

Observou-se a extinção da fração de crentes ao final das simulações em todos os cenários. Entretanto, esse resultado isolado é insuficiente para avaliar a qualidade da resposta: a diferença central entre políticas está no **dano acumulado antes da extinção**, representado pelo pico e pela exposição total.

## 5 Discussão aplicada

Os resultados sugerem três implicações práticas para a gestão de comunicação institucional:

1. **Intervenção precoce importa.** Cenários com maior capacidade de verificação atingem um pico menor e mais cedo, reduzindo a janela de contágio informacional.
2. **Alfabetização digital é estratégica.** Aumentar a proporção inicial de usuários resistentes (estado corrigido) produz ganho substancial, mesmo sem elevar ao máximo a verificação institucional.

**3. Medir apenas o estado final pode enganar.** Apesar de todos os cenários terminarem com fração final de crentes próxima de zero, o custo social intermediário varia fortemente.

No contexto de uma universidade, o modelo pode apoiar decisões como:

- definir a intensidade de campanhas de comunicação preventiva;
- priorizar grupos com alta conectividade local;
- comparar o custo de monitoramento ativo versus ações educacionais contínuas.

## 6 Limitações e trabalhos futuros

Este estudo faz simplificações importantes:

- estrutura espacial regular, sem heterogeneidade real de redes sociais;
- ausência de plataformas múltiplas e algoritmos de recomendação;
- parâmetros calibrados por exploração de cenários, sem ajuste a uma base empírica observacional.

Como extensões futuras:

1. incorporar rede híbrida (grade + conexões de longo alcance);
2. modelar diferentes perfis de usuários (influenciadores, moderadores, bots);
3. calibrar parâmetros com dados reais anonimizados de interações;
4. incluir custo operacional para análise de custo-benefício da intervenção.

## 7 Conclusão

Foi desenvolvido um trabalho aplicado de autômato celular para estudar a propagação de desinformação e avaliar políticas de mitigação. O modelo mostrou que combinações de checagem de fatos e alfabetização digital reduzem de forma expressiva o pico de adesão e a exposição acumulada, oferecendo suporte quantitativo para o planejamento de respostas comunicacionais. Pela simplicidade e interpretabilidade, a abordagem é adequada tanto para o ensino quanto para a prototipagem de estratégias reais de intervenção.

## Referências

- [1] S. Wolfram. Statistical mechanics of cellular automata. *Reviews of Modern Physics*, 55:601–644, 1983.
- [2] A. Ilachinski. *Cellular Automata: A Discrete Universe*. World Scientific, 2001.
- [3] D. M. J. Lazer et al. The science of fake news. *Science*, 359:1094–1096, 2018.

- [4] S. Vosoughi, D. Roy, and S. Aral. The spread of true and false news online. *Science*, 359:1146–1151, 2018.
- [5] Princeton University. Cellular Automata lecture notes (CS126). Disponível em: <https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall02/cs126/lectures/P4-4up.pdf>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2026.