

# **Autômatos Celulares para Otimização de Cenários em Gerenciamento de Recursos**

Jones Albuquerque – DEINFO-UFRPE

Resumo Estendido para EDITAL FACEPE 11/2011 (CONCESSÃO DE BOLSAS DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU - 1º SEMESTRE/2012)

## **Objetivo**

Definir e modelar um simulador computacional, baseado em Autômatos Celulares, para análise de cenários de alteração das condições de um diagrama de escalonamento de recursos. O simulador fornecerá cenários que permitirão um gerenciamento ótimo de recursos em condições adversas, uma vez que as possíveis soluções estarão simuladas e permitirão rápidas decisões.

## **Motivação**

O consumo de energia, por exemplo, por sua característica temporal, exige que seu gerenciamento e monitoramento seja modelado por funções, chamadas funções de carga. As funções de carga expressam o consumo de energia versus o tempo (período do ano, horas do dia, dias do mês). Na área de Energia Elétrica, tais funções fornecem parâmetros como fator de carga, fator de simultaneidade, fator de diversidade, entre outros, os quais dependem de como se observam as funções de carga e suas propriedades. As funções de carga sofrem influência de diversos fatores, como: época do ano, dias do ano, legislação, horas do dia, condições atmosféricas, atividades culturais, comemorações festivas. Tradicionalmente, a análise das funções de carga é realizada com base em dados históricos. E ferramentas como Séries Temporais são bastante adequadas quando a base de informação possui um histórico registrado.

Contudo, para análise de fenômenos epidêmicos, não previstos por sazonalidades (por exemplo, picos de uso e fenômenos meteorológicos), ferramentas como Autômatos Celulares são comprovadamente excelentes ferramentas quando a base histórica dos dados não está disponível.

O grupo de pesquisa, coordenado pelo Prof. Jones Albuquerque, [www.epischisto.org](http://www.epischisto.org), tem alcançado resultados expressivos na modelagem de fenômenos epidêmicos com Autômatos Celulares e Equações Diferenciais.

## **Materiais e Métodos**

### **Modelos e Modelagem**

Um modelo pode ser visto como a representação aproximada de algum problema real utilizando uma determinada linguagem (matemática, lógica, geográfica, física, etc.) e respeitando uma ou mais teorias. Modelos que utilizam linguagem matemática são denominados modelos matemáticos e podem ser representados por um conjunto de equações e/ou expressões.

Construir um modelo permite colocar a complexidade de um problema real dentro de uma estrutura lógica passível de ser analisada. Com isso, é possível evidenciar as alternativas de decisão e seus efeitos previstos, indicando dados que são relevantes e levando a conclusões informativas.

O processo de construção de modelos é chamado modelagem. Existem diversas técnicas para modelagem matemática e muitas delas têm sido usadas para representar fenômenos epidemiológicos. A seguir, serão descritas algumas das técnicas a serem ensaiadas na modelagem matemática da expansão da esquistossomose no estado de Pernambuco.

## **Equações Diferenciais**

Equações diferenciais são amplamente usadas na modelagem matemática de inúmeros fenômenos que podem ser descritos em termos de taxa de variação, como, por exemplo, fenômenos físicos, químicos e biológicos.

Uma equação diferencial é uma relação que envolve uma função incógnita e suas derivadas ou diferenças. Se a função incógnita depender apenas de uma variável tem-se uma equação diferencial ordinária, como

$$\frac{dy}{dt} + a(t)y = b(t) \quad \text{ou} \quad \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + y(t) = 0$$

Por outro lado, se ela depender de mais de uma variável é denominada equação diferencial parcial,

$$\frac{\partial^2 y(t, x)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 y(t, x)}{\partial x^2} = 0$$

A literatura apresenta um modelo para transmissão de esquistossomose utilizando equações diferenciais ordinárias. Esse modelo relaciona as variações ocorridas nos principais fatores envolvidos na transmissão da doença em uma determinada escala temporal. Desenvolvido para uma única população, este modelo foi recentemente adaptado para um conjunto de populações separadas. Com o objetivo de verificar o efeito da migração do parasita na transmissão da doença, os autores utilizaram uma matriz de interação espacial baseada nas relações entre as populações vizinhas e a conectividade hidrológica entre elas. Os dados de entrada que descrevem a densidade de caramujos e quantificam a conectividade hidrológica entre as vilas foram obtidos por sensoriamento remoto de satélite.

## **Autômatos Celulares**

Autômatos Celulares representam sistemas dinâmicos, onde o tempo e o espaço são discretos, vêm sendo utilizados na literatura como modelos matemático-computacionais para simulação de objetos incluindo em epidemiologia.

Autômatos Celulares são definidos como a evolução dos estados das células que o compõe. O estado de uma célula  $\sigma_i^t \in \{0,1\}$  indica que na posição  $i$  no tempo  $t$  a célula assume um dos estados definidos, neste caso 0 ou 1. Assumindo uma rede  $N$ -dimensional de células, tem-se um Autômato  $N$ -dimensional. A evolução dos estados das células é dada por uma função, assim a regra de evolução é definida como:

$$\sigma_i^{t+1} = f(\sigma_{i-k}^t, K, \sigma_i^t, K, \sigma_{i+k}^t)$$

onde k é o índice de iterações. A regra de evolução é aplicada simultaneamente em todas as células. O estado de uma célula no tempo t+1 depende do estado das 2k+1 células no tempo t, o que constitui sua vizinhança, como ilustrado na Figura 1.

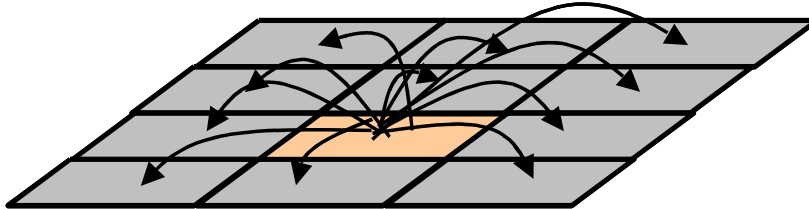
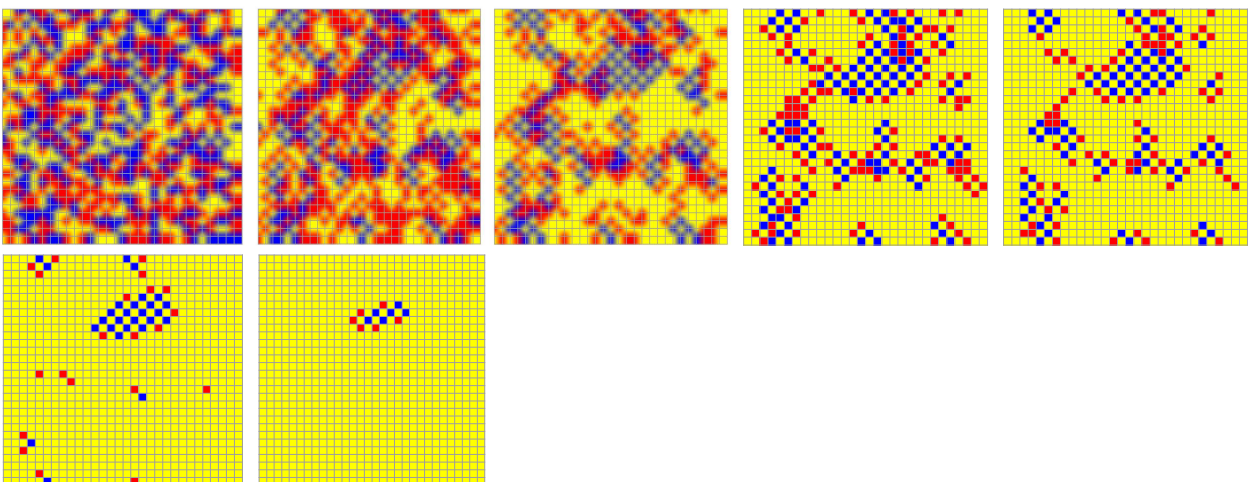


FIGURA 1. Ilustração de uma célula de Autômato Celular e sua vizinhança.

Tais sistemas conseguem gerar espaços de solução os mais variados possíveis configurando cenários de previsibilidade. Assim, é possível, com auxílio de especialistas filtrar tais cenários para garantir determinado grau de confiança nas respostas do modelo. Mesmo assim, quando o conjunto de variáveis é grande, o grau de previsibilidade pode não colaborar para uma aplicação prática na qual se deseja obter planejamento estratégico a partir das respostas dos modelos. Além do tempo computacional previsto para simulação de tais modelos ser um aspecto restritivo quando o conjunto de cenários se torna complexo.

## Resultados Esperados

Os simuladores gerados até então pelo projeto Epischisto fornecem resultados gráficos como os apresentados na bibliografia e reproduzidos aqui:



Os quais ilustram uma região endêmica, e que, para este projeto, significaria os recursos mais “robustos” do sistema em análise, pois independente das condições de contorno se mantêm em execução.

## Bibliografia

1. [Projeto Epischisto] [www.epischisto.org](http://www.epischisto.org);
2. Souza, Marco A. A. ; BARBOSA, V. S. ; ALBUQUERQUE, J. O. ; BOCANEGRA, S. ; SANTOS, R. S. ; SOUZA, H. P. ; BARBOSA, C. C. G. S. . Ecological aspects and malacological survey to identification of transmission risk areas for schistosomiasis in Pernambuco North coast. Iheringia. Série Zoologia (Impresso), 2010.
3. BARBOSA, C. C. G. S. ; ARAUJO, K. C. G. M. ; Sevilha, Manuel A. ; Melo, Fabio ; ALBUQUERQUE, J. O. ; BOCANEGRA, S. ; Gomes, Elaine Christine S. ; SANTOS, R. S. . Epidemiological Scenario of Schistosomiasis in Pernambuco: Evolving Endemic Areas. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz (Impresso), 2010.
4. SOUZA, H. P. ; SANTOS, R. S. ; Resende, Ana Paula `begin_of_the_skype_highlighting` `end_of_the_skype_highlighting` C. ; Souza, Marco A. A. ; ALBUQUERQUE, J. O. ; BOCANEGRA, S. ; Gomes, Elaine Christine S. ; BARBOSA, C. C. G. S. . Spatial pattern and risk levels associated with the occurrence and transmission of schistosomiasis on the north coast of Pernambuco, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz (Impresso), 2010.
5. de A. Araújo, Ricardo ; Ferreira, Tiago A. E. . An intelligent hybrid morphological-rank-linear method for financial time series prediction. Neurocomputing (Amsterdam), v. 72, p. 2507-2524, 2009.
6. Goldberg, M. C. e Luna, H. P. L. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. Rio de Janeiro. Editora Campus, 2000.
7. Williams, H.P. Model Building in Mathematical Programming. John Wiley & Sons, 1997.
8. de Oliveira, Wilson Rosa ; Souto, Marcílio Carlos Pereira de ; Ludermir, Teresa Bernarda . Turing's Analysis of Computation and Artificial Neural Networks. Journal Of Intelligent And Fuzzy Systems, Estados Unidos, p. 63-91, 2003.
9. S. Wolfram: Computation theory of cellular automata. Communications in Mathematical Physics, 96:15--57, 1984.
10. B. Xu, P. E. Gong, S. Liang, Seto, S. Yang, D. Wen, X Qiu, and R. Spear. A spatial temporal model for assessing the effects of intervillage connectivity in schistosomiasis transmission. Annals of the Association of American Geographers, 96(1):31–46, 2006.
11. Shih Ching and Fu. Modelling Epidemic Spread using cellular automata. Master thesis, Department of Computer Science and Software Engineering, The University of Western Australia, 2002.