



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

Projeto

**Modelos Computacionais para Simulação do Processo de Expansão da
Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco**

(Projeto Edital MCT/CNPq 02/2006 - Universal no. 477703/2006-2)

Sub-Projeto

**Implementação de Autômatos Celulares para Simulação do Processo
de Expansão da Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco**

Jones Oliveira de Albuquerque
Coordenador do Projeto
Orientador do Sub-Projeto

Dalton Francisco de Araújo
Licenciatura Plena em Matemática
Integrante do Projeto
Candidato à Bolsa

Abril.2007

Sumário

Introdução	3
Objetivos.....	5
Material e Métodos.....	6
Resultados Esperados para o Período da Bolsa	8
Cronograma de Atividades.....	9
Referências Bibliográficas	10

Introdução

O processo da reprodução e urbanização da esquistossomose em Pernambuco vem sendo discutido por [Barbosa05] a partir dos resultados de inquéritos epidemiológicos. O presente projeto de pesquisa é parte de um projeto maior intitulado "Ecoepidemiologia da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco" do CPqAM (Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães)/FIOCRUZ (Fundação que diagnosticou 22 casos autóctones de esquistossomose na Praia do Forte Orange, ilha de Itamaracá, todos veranistas e/ou turistas de classe média/alta que tiveram exposição acidental. Projetos, como este, objetivam mapear e caracterizar criadouros e focos dos vetores da esquistossomose, identificando novos sítios de transmissão ativa da parasitose na localidade. E, ainda, correlacionar os determinantes biológicos da doença com o contexto ambiental da sua ocorrência. É notável a carência de um modelo matemático-computacional para auxiliar a composição de cenários e o estudo do processo de expansão da doença. É necessário prover as autoridades de insumos e dados de como a doença vem se comportando e melhor, sugerir cenários futuros de comportamento para planejamento estratégico objetivando otimizar a utilização de recursos no combate e prevenção da doença no estado de Pernambuco.

Vários modelos matemático-computacionais têm sido propostos com o objetivo de capturar as particularidades e características de comportamento dos vetores de propagação de doenças na área de epidemiologia. Entretanto, particularmente no estudo da esquistossomose, os trabalhos encontram-se em fase de diagnose com a descoberta de focos e áreas de contaminação a cada ano. Todos os estudos recentes realizados na área litorânea de Pernambuco concluem ser grave o novo perfil epidemiológico da esquistossomose no estado, especialmente no que se refere à expansão nas áreas litorâneas do Estado. Destaca-se a repercussão social e econômica que este evento representa, considerando que essas são áreas nobres do ponto de vista de atrativos para o turismo e de fonte de renda para um Estado que tenta implementar o turismo ecológico.

O termo *Modelo* é abstratamente definido como uma estrutura que está sendo construída para exibir e enaltecer particularidades e características de alguns objetos [Wil97]. Geralmente algumas destas particularidades e características serão completamente capturadas no modelo dependendo do uso para o qual o modelo está sendo proposto. Assim, torna-se possível fazer previsões e análise de comportamentos futuros dos objetos modelados. Contudo, a qualidade das respostas para as quais o modelo foi proposto depende da precisão da estrutura computacional e dos dados que alimentam o modelo. A literatura apresenta várias abstrações matemático-computacionais para auxiliar a modelagem e previsibilidade de comportamentos de objetos, entre elas podemos citar um: Autômatos Celulares.

Autômatos Celulares [Wolfram02] que 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 [Boccaro93, Rousseau97, Fu02].

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:

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

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.

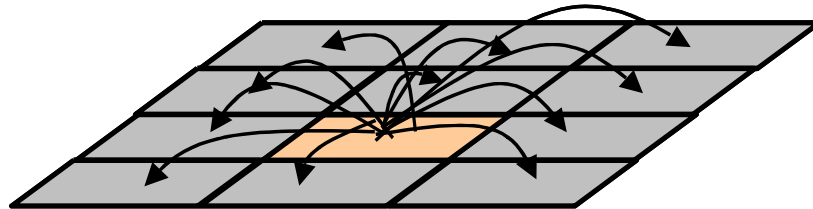


FIGURA 1. Ilustração de uma célula de Autômato Celular e sua vizinhança.

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 [Wilson03].

Assim sendo, este projeto visa a implementação e análise de eficiência computacional de Autômatos Celulares para a modelagem do processo de expansão da esquistossomose na área estudada.

Objetivos

Implementar e analisar aspectos de complexidade matemático-computacional de autômatos celulares para serem aplicados à simulação do processo de expansão da esquistossomose na área litorânea de Pernambuco. As implementações serão utilizadas como base do processo de modelagem previsto no projeto <http://www.xiscanoe.org>.

Serão implementados estudos de caso no ambiente MATLAB para validar os modelos propostos. Uma vez que os modelos estejam validados, serão analisadas outros ambientes e linguagens de programação para obter maior eficiência computacional.

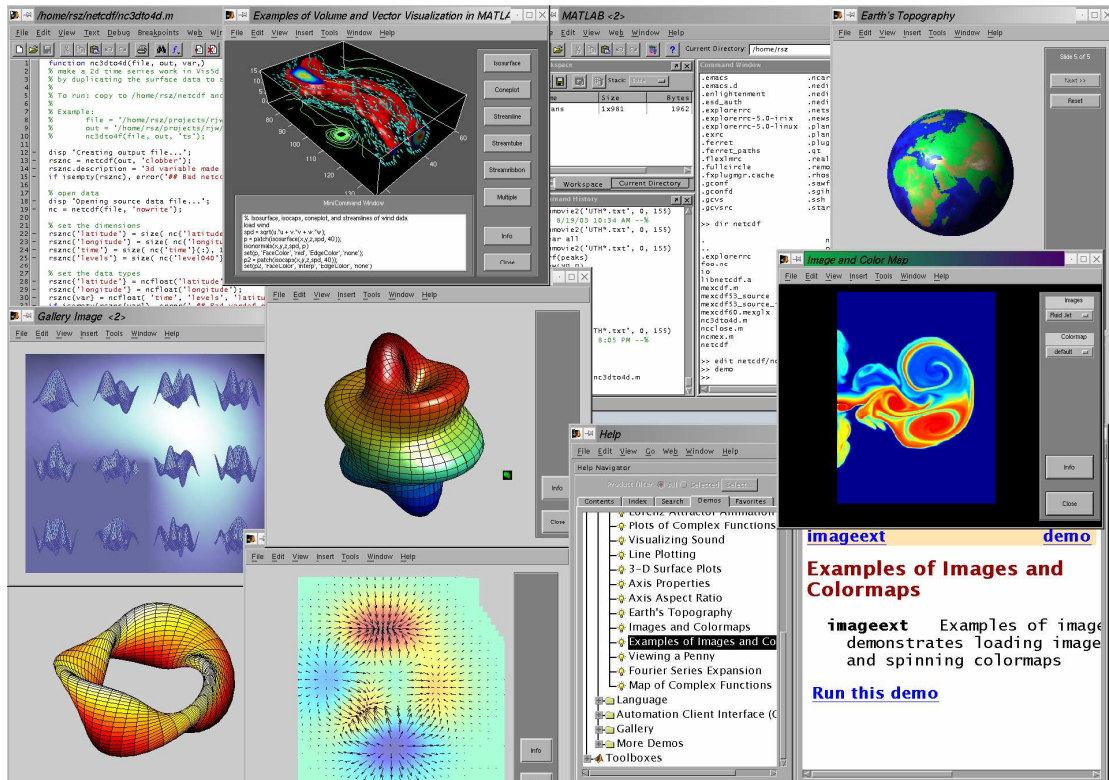
Material e Métodos

A partir de dados obtidos na literatura serão implementados vários autômatos celulares abordando diversos aspectos de modelagem epidemiológicos. Em seguida, será feito um refinamento nas regras de formação dos autômatos para incorporar aspectos da expansão da esquistossomose na área litorânea de Pernambuco.

Para a programação dos autômatos celulares será utilizada a Versão 7.0 do ambiente MATLAB (Mathworks Corp.) adquirida pelo projeto financiado pelo CNPq.

MATLAB é um "software" interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

Figura 1. Ambiente MATLAB [Fonte: Mathworks Corp.].



O MATLAB é um sistema interativo cujo elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento. Esse sistema permite a resolução de muitos problemas numéricos em apenas uma fração do tempo que se gastaria para escrever um programa semelhante em linguagem Fortran, Basic ou C. Além disso, as soluções dos problemas são expressas no MATLAB quase exatamente como elas são escritas matematicamente.

Durante a implementação dos autômatos celulares, uma preocupação constante do pesquisador será a eficiência computacional dos mesmos. Assim, versões otimizadas de cada autômato implementado serão geradas continuamente e concomitantemente ao desenvolvimento de novos autômatos. Todo o processo de desenvolvimento será gerenciado por um plano de configuração e controle de versão que envolverá a utilização de ferramentas específicas para este fim (Google Code, Subversion, etc).

O estudante já encontra-se matriculado e cursando a disciplina Elementos de Epidemiologia Computacional (<http://200.17.137.110:8080/schisto/cursos-e-disciplinas/elementos-de-epidemiologia-computacional/>) que prevê em seu conteúdo programático toda a fundamentação teórica para a implementação dos autômatos celulares, reproduzidos aqui:

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA

Nome: **Elementos de Epidemiologia Computacional** Código:

Carga horária semanal: **4** Teórica: **2** Prática: **2** Total: **4** Carga horária semestral/Número de créditos:

Curso: Licenciatura em Computação Período: Turma: Ano/semestre: **2007/01**

Pré-requisitos: **Algoritmos e Estrutura de Dados, Programação** Co-requisitos:

Professor(es): **Jones Albuquerque**

EMENTA (*transcrita do programa*)

Elementos de análise de algoritmos. Elementos de estruturas de dados. Análise e projeto de algoritmos clássicos. NP-Completeness e técnicas de tratamento de problemas NP-Completes. Fundamentos de biologia de populações. Conceitos evolucionários. Teoria e prática de modelagem. Teoria geral de epidemias. Estudo de Caso. Modelagem por autômatos celulares. Modelagem por equações diferenciais. Modelagem por métodos de programação linear. Implementação e análise de algoritmos.

OBJETIVOS

Gerais

Esta disciplina visa introduzir o aluno de Graduação ou Pós-Graduação aos fundamentos de modelagem computacional e avaliação algorítmica de métodos de simulação computacional aplicados à epidemiologia de moléstias infecciosas e parasitárias.

Específicos

Introduzir o aluno no universo de modelagem de aspectos epidemiológicos em populações. Especificamente, o estudo em aspectos computacionais de técnicas da literatura como Autômatos Celulares, Equações Diferenciais e Programação Linear. Formar no aluno espírito crítico e investigativo quanto aos aspectos algorítmicos das soluções propostas para simular processos epidêmicos.

Resultados Esperados para o Período da Bolsa

1. Estudo literário sobre Autômatos Celulares;
2. Implementações eficientes de diversos autômatos celulares aplicados a estudos-de-caso em epidemiologia;
3. Estudo de aspectos epidemiológicos da Esquistossomose na região litorânea de Pernambuco;
4. Estudo técnicas de modelagem matemático-computacional para o problema da Esquistossomose;
5. Análise de viabilidade computacional dos autômatos celulares estudados e implementados para gerar cenários de previsibilidade comportamental para o processo de expansão da esquistossomose na área litorânea do estado de Pernambuco.

Cronograma de Atividades

	Ago – Out 2007	Nov – Dez 2007	Jan – Fev 2008	Mar – Abr 2008	Mai – Jun 2008	Julho 2008
Estudo literário sobre Autômatos Celulares	X	X	X	X	X	X
Implementações eficientes de diversos autômatos celulares aplicados a estudos-de-caso em epidemiologia		X	X	X	X	
Estudo de aspectos epidemiológicos da Esquistossomose na região litorânea de Pernambuco;			X	X	X	X
Estudo técnicas de modelagem matemático-computacional para o problema da Esquistossomose;				X	X	
Análise de viabilidade computacional dos autômatos celulares estudados e implementados para gerar cenários de previsibilidade comportamental para o processo de expansão da esquistossomose na área litorânea do estado de Pernambuco.				X	X	X
Comunicação Científica					X	X

Referências Bibliográficas

[Barbosa05] Morgan, J. A. T. ; Randall, J. D. J. ; Barbosa, C. C. G. S. ; Loker, E. . **Origin and identification of human parasite schistosoma mansoni.** Molecular Ecology, USA, v. 14, p. 3889-3900, 2005.

[Boccara94] Boccara, N. and Cheong, K. and Oram, M. **A probabilistic automata network epidemic model with births and deaths exhibiting cyclic behaviour.** Journal of Physics A: Mathematical and General, 27:1585-1597, 1994.

[Fu02] Fu, Shih Ching. **Modelling Epidemic Spread using cellular automata.** Department of Computer Science and Software Engineering. Master Thesis. The University of Western Australia, 2002.

[Rousseau97] Rousseau, G. and Giorgini, B. and Livi, R. and Chate, H. **Dynamical phases in a cellular automaton model for epidemic propagation.** Physica D, 103:554-563, 1997.

[Wil97] Williams, H.P. **Model building in mathematical programming.** John Wiley & Sons, 1997.

[Wilson03] 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.

[Wolfram02] S. Wolfram: **A new kind of science.** Published by Wolfram Media (2002).