

Modelagem híbrida com autômatos celulares e
redes neurais artificiais de problemas
epidemiológicos

Vitor Alexandre Kessler de Almeida

06/09/09

vitorkessler@gmail.com

Resumo

Teste

Sumário

1	Introdução	2
1.1	Modelagem epidemiológica	2
1.2	Modelagem epidemiológica da dengue	2
1.3	Dinâmica populacional de <i>Biomphalaria glabrata</i>	2
1.3.1	Características epidemiológicas da esquistossomose mansônica	2
1.3.2	Características epidemiológicas e ecológicas do <i>B. glabrata</i>	3
1.4	Autômatos Celulares	4
1.5	Redes neurais artificiais	4
1.6	Modelagem híbrida entre RNA e AC	4
2	JUSTIFICATIVA	5
3	OBJETIVOS	6
3.1	Objetivo geral	6
3.2	Objetivos específicos	6
4	MATERIAL E MÉTODOS	7
4.1	Descrição do modelo híbrido	7
4.2	Caso de estudo 1: Modelagem do avanço da dengue no município do Jaboatão dos Guararapes	9
4.3	Caso de estudo 2: Modelagem da dinâmica populacional de <i>B. glabrata</i> na praia de carne de vaca, município de Goiana, Pernambuco, Brasil	10
4.3.1	Descrição da área de estudo	10
4.3.2	Levantamento malacológico	10
4.3.3	Parâmetros ambientais	11
5	Cronograma de execução	12

Capítulo 1

Introdução

1.1 Modelagem epidemiológica

O QUE É E PARA QUE SERVE A MODELAGEM EPIDEMIOLÓGICA?
ALGUNS MODELOS MATEMÁTICOS BASTANTE USADOS
A PROBLEMÁTICA PARA CONSTRUÇÃO DESTES MODELOS
A NECESSIDADE DE SE CRIAR UM NOVO MODELO

1.2 Modelagem epidemiológica da dengue

O QUE É A DENGUE?
POR QUE MODELAR?
TRABALHOS QUE JÁ FORAM FEITOS.

1.3 Dinâmica populacional de *Biomphalaria glabrata*

1.3.1 Características epidemiológicas da esquistossomose mansônica

No Brasil, a esquistossomose mansônica é considerada tradicionalmente uma endemia rural, mas na atualidade há crescente número de casos notificados em cidades de maior porte (Guimarães et al, 1993; Coura-Filho, 1997; Guimarães & Tavares - Neto, 2006). Com quase 80% da população ocupando áreas urbanas, as áreas de infecção são raras ou inexistentes no centro das grandes cidades e nos bairros onde habita a população com poder econômico maior.

[1, 2]associa a urbanização da esquistossomose como decorrência da migração de pessoas de áreas rurais ou de pequenas localidades que vão em busca de trabalho nas grandes cidades onde, freqüentemente marginalizadas do processo econômico, são levadas a residir em áreas sem condições básicas de saneamento. Com o estabelecimento dessa população migrante e com condições adequadas

para o desenvolvimento da esquistossomose surgem novos focos de transmissão do *S. mansoni* (Guimarães & Tavares - Neto, 2006).

Desde meados dos anos 90 do século passado observa-se em Pernambuco o estabelecimento da esquistossomose em áreas litorâneas, quando foram registrados os primeiros casos de infecção pelo *S. mansoni* em indivíduos que entraram em contato direto com poças de água de chuva acumulada, nas quais foram observadas a presença de *B. glabrata* infectada pelo parasito na praia de Itamaracá (Gonçalves et al, 1991). Além deste, também foram registrados casos de esquistossomose em Piedade (Jaboatão dos Guararapes) e Porto de Galinhas (Ipojuca) (Barbosa et al, 2004; Silva et al, 2006). Em todos esses casos de infecção pelo *S. mansoni* ocorridos em áreas litorâneas, os indivíduos infectados eram normalmente de classes média e alta e apresentaram infecção aguda da doença. De certa forma, observa-se uma mudança no perfil epidemiológico da esquistossomose que em áreas rurais incide principalmente na classe social de baixa renda, apresenta-se predominantemente na forma crônica e tem como vetor *Biomphalaria straminea* [2] (Barbosa et al, 2001; Araújo et al, 2007).

A ocorrência da esquistossomose pode estar associada a vários fatores, dentre eles estão aqueles que estimulam a proliferação dos moluscos *Biomphalaria*, transmissores da doença, que além de importantes no estabelecimento desta parasitose no Brasil, são responsáveis pela sua distribuição, pois atualmente estão presentes em quase todos os estados do país (Couto, 2005). Fatores bióticos e abióticos, comportamentais, reprodutivos, genéticos e as interações inter e intraespecíficas, além da influência humana, contribuem para a dispersão desses moluscos para todo o Brasil (Barbosa et al, 1994).

Além da presença dos moluscos suscetíveis ao *S. mansoni* a prevalência da esquistossomose pode ser explicada por fatores sociais, políticos e culturais, sobretudo aqueles que implicam na exposição dos indivíduos às coleções de água doce, moradia em habitações sem água tratada, a ambientes com presença de esgotos correndo a céu aberto, córregos passando pelos quintais das casas e áreas alagadiças em determinadas épocas do ano (Noronha et al, 1995).

Somam-se a isso, as características ambientais modificadas pela ocupação social do espaço, como construção de açudes, sistemas de irrigação, práticas agrícolas, forma de eliminação dos dejetos, construção de ruas ou obras de terraplenagem que muitas vezes causam surgimento de lagoas ou retardam a velocidade do curso da água, entre outros fatores [3] (Silva 1985; Barbosa et al, 1996; Freese et al, 1998).

1.3.2 Características epidemiológicas e ecológicas do *B. glabrata*

O molusco planorbídeo *B. glabrata* está comumente associado à vasta distribuição e à alta morbidade da esquistossomíase mansônica no Brasil, advindo, desse fato, sua grande importância em saúde pública [4]. O combate ao molusco hospedeiro intermediário continua sendo parte fundamental no controle da doença. Um grande número de organismos já foram pesquisados para serem utilizados no controle biológico do caramujo [5]. Os padrões de distribuição dos moluscos

e as flutuações de densidade sazonais variam grandemente. Tal informação é essencial para otimizar as decisões tomadas para o controle do molusco [6].

Alguns estudos [7, 8, 9, 10] indicam a existência de correlação entre *B. glabrata* (e outros planorbídeos) e fatores abióticos, especialmente a temperatura e o regime de chuvas. Além disso, as condições ambientais do local como vegetação e sinais de antropização também devem ser levados em consideração quando se estiver trabalhando na modelagem das variações populacionais deste molusco.

1.4 Autômatos Celulares

O QUE SÃO OS AUTÔMATOS CELULARES?

O USO DE AUTÔMATOS CELULARES NA MODELAGEM EPIDEMIOLÓGICA

1.5 Redes neurais artificiais

O QUE SÃO E PARA QUE SERVEM AS RNAS?

RNAS USADAS EM SÉRIES TEMPORAIS

O USO DE RNAS NA MODELAGEM EPIDEMIOLÓGICA.

1.6 Modelagem híbrida entre RNA e AC

POR QUE MISTURAR AS DUAS FERRAMENTAS?

HIBRIDISMO EXISTENTE NA LITERATURA

NEURAL CELLULAR NETWORKS

Capítulo 2

JUSTIFICATIVA

A IMPORTÂNCIA DA MODELAGEM EPIDEMIOLÓGICA E DA DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE VETORES

AGREGAR A CAPACIDADE DE MODELAGEM NÃO LINEAR SEM NECESSIDADE DE UM ESPECIALISTA DA RNA À FACILIDADE DE SE MODELAR NO ESPAÇO E NO TEMPO DOS ACS

CAPACIDADE DO MODELO DE SE ADAPTAR À MODELAGEM DE DIFERENTES PROBLEMAS EPIDEMIOLÓGICOS.

Capítulo 3

OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Criar e avaliar um modelo híbrido, caracterizado pela presença de um autômato celular e redes neurais artificiais para geração de regras para o autômato, para ser utilizado na modelagem de doenças infecciosas e da dinâmica populacional de vetores.

3.2 Objetivos específicos

Testar o modelo apresentado, criando um previsor dos casos positivos e notificações da dengue clássica e hemorrágica no município do Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil.

Modelar a dinâmica populacional da *B. glabrata* na praia de Carne de Vaca, município de Goiana, litoral norte de Pernambuco, Brasil.

Capítulo 4

MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição do modelo híbrido

Cada célula do autômato celular corresponderá a uma unidade que deverá ser modelada. No caso da modelagem de uma doença infecciosa, as células representarão uma porção no espaço como um bairro, uma casa ou até um indivíduo. Já no estudo de uma população de um vetor, uma célula no autômato celular será uma área definida no espaço. Estas células estarão ligadas entre si formando uma grade de duas dimensões que poderá ser reticulada ou ainda adaptada a realidade do espaço modelado. Por exemplo, na figura 1 temos o mapa político de Jabotão dos Guararapes. os pontos azuis corresponde a cada um dos bairros do município e, paralelamente, a cada uma das células do autômato celular que será usado na modelagem da dinâmica da dengue na cidade.

Desta forma, a definição dos vizinhos de cada célula será através de uma listagem das células vizinhas no espaço estudado. Podem existir vários graus de vizinhança. Os vizinhos de grau um de uma célula corresponde aos vizinhos contíguos da célula. Os vizinhos de grau 2 são aqueles que margeiam os vizinhos de grau um.

Cada célula guardará, além da definição dos vizinhos, as informações pertinentes que serão modeladas, como por exemplo, número de indivíduos sãos e infectados.

Para definição das regras de mudança de estado das células, haverá uma rede neural artificial treinada para este fim para cada uma das unidades do autômato. A rede neural artificial receberá como entrada as informações contidas na célula (e informações contidas no “ambiente” como temperatura, proximidade a um corpo d’água etc.) e de suas células vizinhas e dará como saída o novo valor destas informações. Esta rede neural artificial terá como algoritmo de treinamento o Levenberg-Marquadt e a quantidade de neurônios da camada intermediária será definida de maneira empírica para cada rede.

Para o treinamento sera utilizado os dados históricos coletados para o problema em questão. A série histórica será dividida em três partes: 50% para

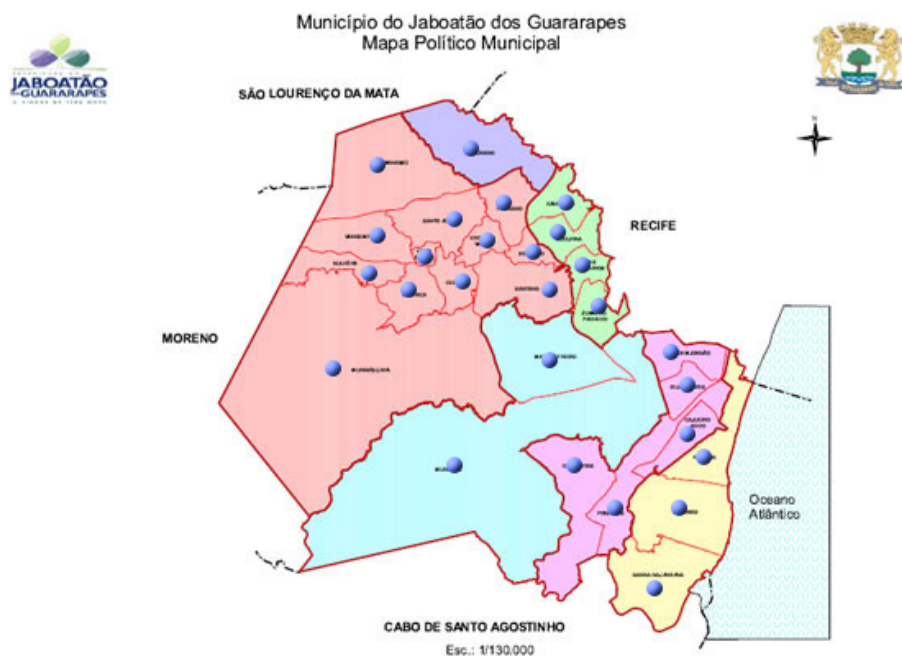


Figura 4.1: Mapa do município do Jaboatão dos Guararapes com indicação das células do autômato celular.

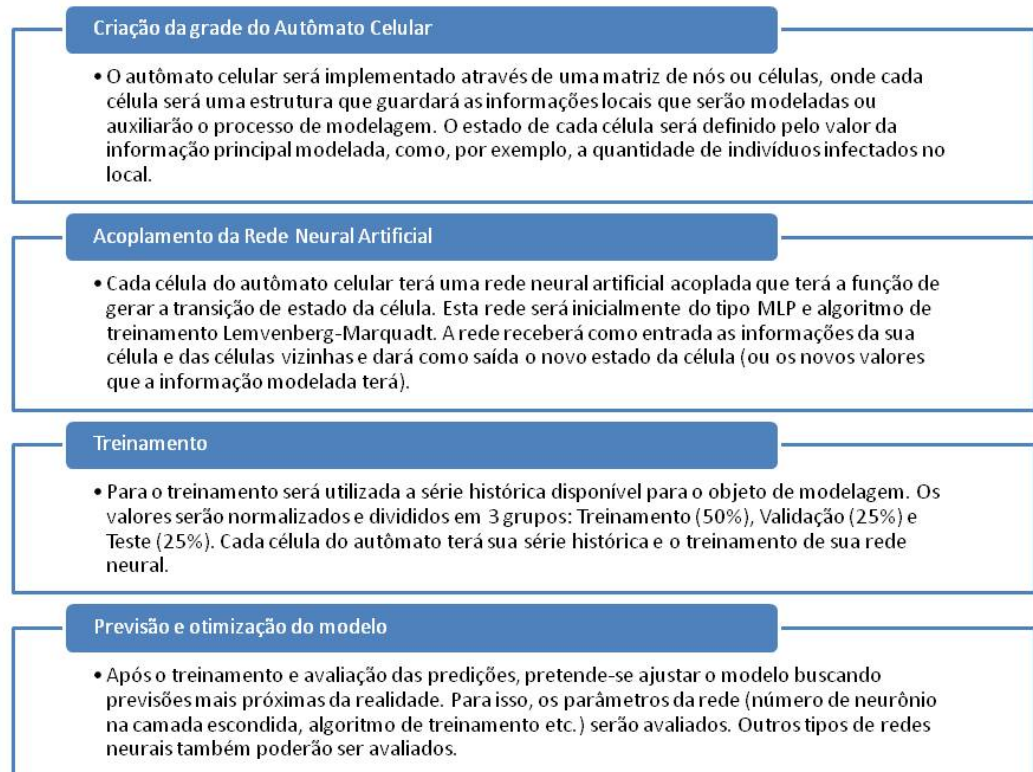


Figura 4.2: Fases do modelo que será implementado no presente trabalho

treinamento, 25% para validação e 25% para testes. Após esta fase, o modelo poderá fazer previsões para as próximas gerações do autômato celular. A figura 2 mostra as fases para implementação do modelo.

4.2 Caso de estudo 1: Modelagem do avanço da dengue no município do Jaboatão dos Guararapes

FAZER

4.3 Caso de estudo 2: Modelagem da dinâmica populacional de *B. glabrata* na praia de carne de vaca, município de Goiana, Pernambuco, Brasil

4.3.1 Descrição da área de estudo

Carne de Vaca localiza-se no Distrito de Pontas de Pedras, Município de Goiana, distante 60 km da Cidade do Recife. Com aproximadamente 1.200 habitantes, freqüentada por veranistas e turistas em finais de semana e veranistas. Recentemente, em janeiro de 2008, foi reativada uma balsa para a travessia do Rio Goiana, na divisa dos Estados de Pernambuco e Paraíba, para acesso litorâneo por turistas à João Pessoa e Praias do Litoral Sul da Paraíba, o que provocou um aumento na população de turistas que transita pelo local e conseqüentemente o risco de espalhamento da doença.

Com uma área de 501 km², Goiana limita-se ao norte com o estado da Paraíba, ao sul com as cidades de Itaquitinga, Igarassu, Itapissuma e Itamaracá, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com Condado e Itambé. Segundo o IBGE (2000) a população estimada é de 71.177 habitantes, destes 43.446 compõem a população urbana e 27.642 formam a população rural.

Apresenta clima tropical úmido, com temperaturas médias anuais em torno de 240 C nos meses de julho e agosto, períodos considerados menos quentes durante o ano, e de 270 C em fevereiro, considerado o mês mais quente. As praias, na grande maioria, são estreitas e com vários trechos submetidos à erosão devido à ocupação desordenada do solo. Sua vegetação, composta principalmente por espécies herbáceas, encontra-se reduzida a estreita faixa ao longo da costa e em grande parte foi substituída pela ocupação urbana. A orla marítima do município está associada à pesca e à exploração do coco, sendo a primeira atividade importante na sobrevivência das comunidades do Litoral e da Zona da Mata, contribuindo para alimentação das famílias que a praticam, além de abastecer o mercado local, grande parte da Região Metropolitana do Recife e do interior do Estado (CPRH, 2001).

Há predomínio, no município, de renda familiar baixa, elevado percentual de analfabetos, moradias de padrão construtivo baixo e condições sanitárias precárias. A maior parte da área não apresenta sistema de esgotamento, os serviços de coleta e destinação do lixo são precários, além de grande parte do abastecimento de água dos domicílios serem os mananciais de superfície ou poços (CPRH, 2001).

4.3.2 Levantamento malacológico

Em 2005, o Serviço de Referência em Esquistossomose do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/FIOCRUZ realizou levantamento malacológico na localidade detectando dois focos de transmissão da Esquistossomose a partir de coleta e diagnóstico de moluscos vetores infectados pelo *S. mansoni*. Nesta ocasião

a equipe de pesquisas do CPqAM/FIOCRUZ também identificou quatro residentes locais submetidos a cirurgia (esplenectomizados) para retirada de baço, o que indica a gravidade da transmissão da doença nesta comunidade. Diante desses graves indicadores, os pesquisadores do Departamento de Parasitologia do CPqAM/FIOCRUZ e parceiros iniciaram um inquérito epidemiológico nesta área e verificaram a real expressão da morbidade da esquistossomose nesta comunidade diagnosticando os casos humanos positivos e oferecendo aos serviços locais de saúde estratégias para o controle da doença e tratamento efetivo dos doentes.

Além do inquérito coproscópico, um levantamento detalhado da dinâmica populacional do hospedeiro intermediário da esquistossomose, *B. glabrata*, foi realizado durante dois anos (com um espaço de 7 meses entre o final do primeiro ano de coleta e o início do segundo ano de coleta). Neste contexto, foram definidas nove estações de coletas.

Os moluscos foram coletados mensalmente, utilizando-se de uma rede de mão (puçá) confeccionada com nylon (50 cm de largura, 40 cm de altura, 30 cm de abertura e 1 mm² de malha), adaptada a um cabo de madeira ou aço (150 cm de comprimento). Foi aplicado um esforço amostral individual de 30 minutos, por varredura, em cerca de 10 metros de extensão, em cada um dos habitats selecionados. Os caramujos coletados foram conduzidos ao laboratório e expostos à iluminação artificial para testes de infectividade por *S. mansoni*, através de pesquisa de emissão de cercárias pela técnica de Kuntz (1946) e de pesquisa do esporocisto através do esmagamento da concha (Deslandes, 1951).

4.3.3 Parâmetros ambientais

A média mensal da temperatura

Capítulo 5

Cronograma de execução

<i>Fase</i>	<i>jun/09</i>	<i>jul/09</i>	<i>ago/09</i>	<i>set/09</i>	<i>out/09</i>	<i>nov/09</i>	<i>dez/09</i>	<i>jan/10</i>	<i>fev/10</i>	<i>mar/10</i>
<i>Definição do projeto</i>	<i>x</i>									
<i>Levantamento bibliográfico</i>	<i>x</i>	<i>x</i>					<i>x</i>			
<i>Compilação e ajuste das séries temporais</i>		<i>x</i>								
<i>Implementação do modelo</i>		<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>					
<i>Testes e ajuste do modelo</i>				<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>			
<i>Escrita da dissertação</i>							<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>

Tabela 5.1: Cronograma de execução do projeto.

Referências Bibliográficas

- [1] Barbosa CS, Pieri OS, Silva CB, Barbosa FS, 2000. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá estado de Pernambuco. Revista de Saúde Pública, São Paulo, 34(4):337-341.
- [2] Barbosa CS, Montenegro SML, Abath FG, Domingues ALC, 2001. Eventos epidemiológicos relacionados à transmissão da esquistossomose em áreas rurais e urbanas de Pernambuco. Memória do Instituto Oswaldo Cruz, 96:169-172.
- [3] Barbosa CS, Silva CB, Barbosa FS 1996. Esquistossomose: Reprodução e expansão da endemia no estado de Pernambuco Brasil. Rev Saúde Publica 30(6): 609-16.
- [4] Rey L. Non-human vertebrate hosts of *Schistosoma mansoni* and schistosomiasis transmission in Brazil. Res Rev Parasitol 1993;52:13-25.
- [5] J. P. Pointier, J. Jourdane. Biological control of the snail hosts of schistosomiasis in areas of low transmission: the example of the Caribbean area Acta Tropica, Volume 77, Issue 1, 23 October 2000, Pages 53-60
- [6] Madsen H. Ecological studies on the intermediate host snails and the relevance to schistosomiasis control. MemInst Oswaldo Cruz 1992;87:249-53.
- [7] Giovanelli Alexandre, Soares Marisa S, D'Andréa Paulo S, Gonçalves Margaret Maria Lessa, Rey Luís. Abundância e infecção do molusco *Biomphalaria glabrata* pelo *Schistosoma mansoni* no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Saúde Pública. 2001 Dec 35(6): 523-530.
- [8] OLAZARRI, J. – 1981 – *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) (Moll., Gastr.) en Zona de Salto Grande. I- Ambientes de cria. Com. Soc. Malac. Urug., 5(40):321- 343.
- [9] Paz, R.J. Biologia e ecologia de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) (Mollusca: Pulmonata: Planorbidae), na Fazenda Árvore Alta, Alhandra (Paraíba, Brasil). João Pessoa: DSE-UFPB, 1997. 112 p. il. (Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia).

- [10] Barbosa Constança Simões, Pieri Otávio Sarmiento, Silva Carlos Bernardo da, Frederico Simões Barbosa. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Rev. Saúde Pública*. 2000 Aug 34(4): 337-341.