



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

**Xiscanoé - Programa de Pesquisa para Levantamento de Dados e Análise do  
Processo de Expansão da Esquistossomose por Autômatos Celulares  
em Localidades Endêmicas do Litoral de Pernambuco**

[Proposta como continuação do projeto Edital Universal CNPq 477703/2006-2  
disponível em [www.xiscanoe.org](http://www.xiscanoe.org)]

Jones Albuquerque  
Coordenador do Projeto

**Instituições participantes**

Departamento de Estatística e Informática - DEINFO/UFRPE  
Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães - CPqAM/FIOCRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública - ENSP/FIOCRUZ  
Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - GEOSERE/UFRPE  
Laboratório de Realidade Virtual e Visualização Científica - SVVR/LNCC

Recife

Outubro de 2008

# Sumário

<b>1</b>	<b>Qualificação do principal problema a ser abordado</b>	<b>1</b>
1.1	Esquistossomose . . . . .	1
1.2	Esquistossomose no Litoral Pernambucano . . . . .	2
1.3	O Projeto Xiscanoé e a modelagem em Carne de Vaca - Goiana - PE . . . .	2
1.4	Por que a continuação do projeto Xiscanoé para demais localidades? . . . .	4
<b>2</b>	<b>Objetivos gerais</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Metas</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Metodologia científica e atividades de execução</b>	<b>7</b>
4.1	Modelos matemático-computacionais . . . . .	7
4.2	Atividades e processo de execução . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Principais contribuições científicas e tecnológicas</b>	<b>16</b>
5.1	Prêmios . . . . .	16
5.2	Eventos Científicos . . . . .	16
5.3	Software e negócios . . . . .	17
5.4	Resumos em conferências . . . . .	17
5.5	Trabalhos completos em conferências . . . . .	19
5.6	Periódicos submetidos e em submissão . . . . .	20
5.7	Considerações . . . . .	21
<b>6</b>	<b>Justificativa de aderência a políticas públicas de impacto social</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Orçamento detalhado</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Cronograma físico-financeiro</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>Identificação dos participantes e respectivas áreas de atividades</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>Interesse de empresas e parceiras de colaboração já estabelecidas</b>	<b>29</b>
<b>11</b>	<b>Disponibilidade de infra-estrutura e apoio técnico</b>	<b>30</b>
<b>12</b>	<b>Recursos de outras fontes - estimativas</b>	<b>30</b>
<b>13</b>	<b>Aspectos éticos</b>	<b>30</b>

# 1 Qualificação do principal problema a ser abordado

## 1.1 Esquistossomose

Infecção causada por verme parasita da classe Trematoda. Ocorre em diversas partes do mundo de forma não controlada (endêmica). Nestes locais, o número de pessoas com esta parasitose se mantém aproximadamente constante. Os parasitas desta classe são cinco, e variam como agente causador da infecção conforme a região do mundo. No nosso país a esquistossomose é causada pelo *Schistosoma mansoni*. O principal hospedeiro e reservatório do parasita é o homem sendo a partir de suas excretas (fezes e urina) que os ovos são disseminados na natureza. Possui ainda um hospedeiro intermediário que são os caramujos, caracóis ou lesmas, onde os ovos passam a forma larvária (cercária). Esta última dispersa principalmente em águas não tratadas, como lagos, infecta o homem pela pele causando uma inflamação da mesma. Já no homem, o parasita se desenvolve e se aloja nas veias do intestino e fígado causando obstrução das mesmas, sendo esta a causa da maioria dos sintomas da doença que pode ser crônica e levar a morte<sup>1</sup>. No mundo a doença vem sendo estudada por vários órgãos mundiais, como o CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*)<sup>2</sup>, cujo mapa da Figura 1 ilustra o Brasil, entre outros países, como área endêmica das formas da Esquistossomose.

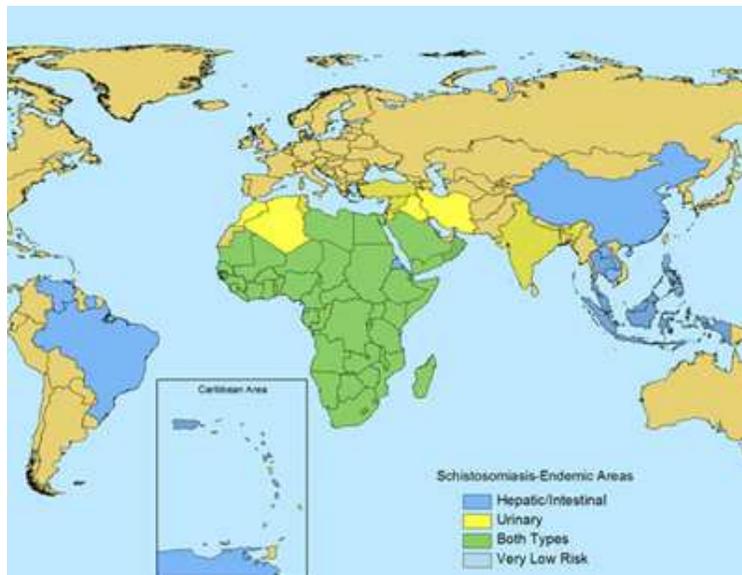


Figura 1: Mapa com áreas endêmicas da Esquistossomose no mundo.

Fonte: [CDC - Centers for Disease Control and Prevention - [www.cdc.org](http://www.cdc.org)].

---

<sup>1</sup>Definição retirada de <http://www.abcdasaude.com.br/>

<sup>2</sup>Vide <http://www.cdc.gov/travel/yellowBookCh4-Schistosomiasis.aspx>

## 1.2 Esquistossomose no Litoral Pernambucano

O ritmo acelerado de ocupação dos espaços urbanos, nas grandes cidades de regiões subdesenvolvidas, vem se refletindo no agravamento do quadro sanitário e de pobreza das mesmas. O modo de ocupação desses ambientes urbanos periféricos, de maneira caótica e desordenada, é atualmente um grande desafio para as autoridades sanitárias, gerando novos problemas de saúde e ampliando a demanda assistencial dos serviços. A expansão da esquistossomose é, muitas vezes, atribuída meramente à migração de pessoas infectadas para áreas indenes e à dispersão dos hospedeiros intermediários. Essa interpretação não considera os condicionantes do evento migratório, ou seja, seus componentes sociais, econômicos e comportamentais.

O trabalhador da zona canavieira de Pernambuco apresenta, há décadas, elevadas prevalências para esquistossomose mansônica e outras parasitoses. A recente mecanização da agricultura vem agravando a crise social no campo, promovendo o deslocamento de contingentes humanos desempregados. Estes, ao ocuparem a periferia das grandes cidades onde não existem condições básicas de saneamento e moradia, propiciam o surgimento de focos urbanos, mudando o perfil epidemiológico das doenças de transmissão vetorial.

Apesar dos esforços da Fundação Nacional de Saúde (FNS/PE) e seus centros de pesquisa, persistem situações de prevalências crônicas nas regiões rurais com até 80% de indivíduos parasitados, ou também, casos de infecção aguda, como os que vêm ocorrendo no litoral do Estado, em áreas de recente introdução da doença. A Figura 2 ilustra os Focos da doença descobertos por pesquisadores do CPqAM/FIOCRUZ. Ainda, pesquisadores do CPqAM destacam a falta de dados epidemiológicos referentes à cidade do Recife e vizinhanças que permitam a identificação e a evolução desses focos urbanos [5, 6, 15].

## 1.3 O Projeto Xiscanoé e a modelagem em Carne de Vaca - Goiana - PE

Neste contexto, foi proposto no Edital Universal do CNPq de 2006 o projeto Xiscanoé ([www.xiscanoe.org](http://www.xiscanoe.org)), sob registro número 477703/2006-2, que possibilitou a geração de cenários que têm ajudado o CPqAM/FIOCRUZ a tomar decisões quanto às ações estratégicas de combate e prevenção da doença na Região de estudo de apenas um dos focos da doença: Carne de Vaca. 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, 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



Figura 2: Focos de Esquistossomose no Litoral de Pernambuco identificados pelo CPqAM/FIOCRUZ no período de 2000 a 2007.

turistas que transita pelo local e conseqüentemente o risco de espalhamento da doença. Em 2005, o Serviço de Referência em Esquistossomose do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/FIOCRUZ realizou levantamento malacológico na localidade detectando dois (2) focos de transmissão da Esquistossomose a partir de coleta e diagnóstico de moluscos vetores infectados pelo *Schistosoma mansoni*. Nesta ocasião a equipe de pesquisas do CPqAM/FIOCRUZ também identificou quatro (4) 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.

O projeto Xiscanoé, neste contexto, fornece modelos e ambientes computacionais [4, 14, 19] para ajudá-los nesse processo, como o ilustrado na Figura 3.

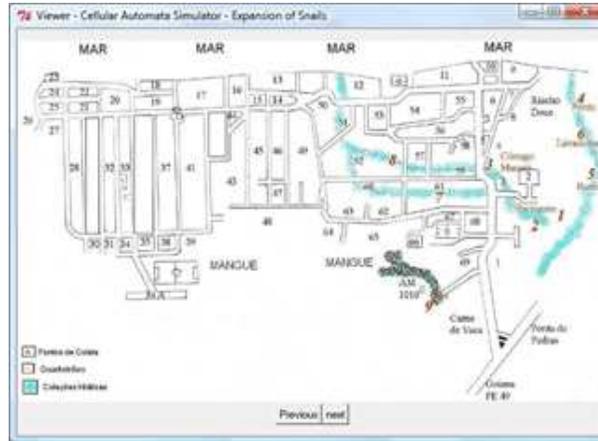


Figura 3: Simuladores Xiscanoé - Simulação por Autômatos Celulares de Moluscos Biomphalaria glabrata em Coleções Hídricas de Carne de Vaca - Goiana.

Fonte: [[www.xiscanoe.org](http://www.xiscanoe.org)]

Todos os trabalhos e projetos em andamento, além dos citados nesta proposta, sobre a modelagem e levantamento de dados em Carne de Vaca - Goiana podem ser encontrados no site do projeto Xiscanoé ([www.xiscanoe.org](http://www.xiscanoe.org)) acessando o link "Publications" e "Projects", respectivamente.

#### 1.4 Por que a continuação do projeto Xiscanoé para demais localidades?

1. Porque, no último *XXI International Symposium on Schistosomiasis* (Congresso Internacional de Esquistossomose), de frequência bi-anual, e que ocorreu em Salvador-BA nos dias 20 a 22 de agosto de 2008, o projeto **Xiscanoé**, realizado em Carne de Vaca, foi escolhido como o **melhor trabalho científico do Congresso**. Caracterizando sua pertinência científica e relevância perante a comunidade de estudiosos e pesquisadores de Esquistossomose e sua epidemiologia em áreas endêmicas. Pois, cabe ressaltar aqui, que a avaliação do trabalho não se dá apenas por aspectos científicos, mas também por aspectos de impacto social e de saúde pública. Observa-se, também, que este é um congresso tipicamente de Biologistas Moleculares, Médicos e Epidemiólogos, então o prêmio, neste contexto, é ainda mais relevante;
2. Porque o processo da reprodução e urbanização da esquistossomose no Litoral de Pernambuco vem sendo discutido a partir dos resultados de inquéritos epidemiológicos desde 2000 pelo Grupo de Pesquisadores do Laboratório de Esquistossomose do Instituto Aggeu Magalhães [15]. E o presente trabalho é parte de um

projeto maior intitulado "Ecoepidemiologia da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco" do CPqAM/FIOCRUZ 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 e mais de 600 casos da forma aguda em Porto de Galinhas - Ipojuca - PE. 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. Assim, é notável a carência de modelos matemático-computacionais 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;

3. Porque 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, a literatura ainda está em estágios iniciais. Pode-se observar isso com as pesquisas do CPqAM da FIOCRUZ, cujos trabalhos encontram-se em fase de diagnose com a descoberta de focos e áreas de contaminação a cada ano [20]. 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. Portanto, destaca-se a repercussão social e econômica que este cenário 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.

Por estes fatores, especificamente, **esta proposta prevê, em suas atividades, um levantamento malacológico e epidemiológico durante dois anos em seis localidades com focos identificados pelo CPqAM/FIOCRUZ para a geração de uma série temporal com os dados coletados. E, então, a partir desta caracterização, projetar e desenvolver modelos matemático-computacionais mais precisos que capture as variáveis mais relevantes de todo o processo nas seis localidades a serem investigadas, estendendo o que já vem sendo realizado com o Projeto Xiscanoé em Carne de Vaca.** E, a partir de então, fornecer ferramentas computacionais com os modelos calibrados para que se tornem efetivas ferramentas de auxílio e trabalho dos pesquisadores deste projeto e em seus futuros estudos epidemiológicos sobre a esquistossomose em todo o litoral Pernambucano.

## 2 Objetivos gerais

Este projeto pretende prover a sociedade, o Estado e a comunidade científica de modelos matemático-computacionais para auxiliar o controle da esquistossomose em Pernambuco. A sociedade, pois estar-se-á melhorando o nível de controle e, conseqüentemente, do serviço prestado pelos órgãos públicos à população afetada pela doença. O Estado, pois possuirá cenários para poder otimizar a distribuição de seus recursos financeiros e humanos no monitoramento, controle e combate da doença. A comunidade científica, pois espera-se que os modelos propostos para a previsibilidade de comportamentos em esquistossomose contribuam para o estado-da-arte em epidemiologia e matemática computacional, uma vez que são áreas carentes de contribuições computacionais que as viabilizem como parceiras. Além de prover um estudo de comportamento de máquinas computacionais abstratas como os Autômatos Celulares, as quais, no Brasil, não há grupo consolidado que as estude em seus aspectos teórico-computacionais caracterizando assim o que a literatura mundial chama de **Epidemiologia Computacional**.

## 3 Metas

1. Organizar as informações coletadas por pesquisadores do CPqAM/FIOCRUZ em levantamento malacológico e epidemiológico nas áreas de (1) Goiana (Praia de Carne de Vaca) e (2) Itamaracá (Enseada dos Golfinhos); (3) Paulista (Praias de Janga e Pau Amarelo), (4) Igarassu (Praia do Capitão "Mangue-Seco", (5) Jaboatão dos Guararapes (Lagoa do Náutico) e (6) Ipojuca (Tamandaré e Porto de Galinhas) - todas no Litoral de Pernambuco - em um banco de dados gerenciável e com possibilidade de consultas, recuperação e indexação da informação;
2. Alimentar o banco de dados existente do Xiscanoé com informações históricas de comportamento da doença e seus aspectos epidemiológicos nestes seis focos por dois anos;
3. Estudar a viabilidade computacional, implementar e calibrar modelos matemático-computacionais envolvendo modelos matemáticos em conjunção com **Autômatos Celulares** para previsibilidade comportamental do processo de expansão da esquistossomose na área litorânea do estado de Pernambuco;
4. Capturar e processar imagens de forma a constituir uma base de informação temporal dos mananciais de água da área litorânea de Estado de Pernambuco; especificamente das áreas identificadas como foco de contaminação por esquistossomose, tornando os modelos matemático-computacionais propostos mais precisos em suas respostas pois irão cruzar os dados de como os mananciais de água se comportam

durante as estações chuvosas do ano com as informações epidemiológicas coletadas por pesquisadores do CPqAM/FIOCRUZ;

5. Selecionar os melhores modelos e viabilizá-los como ferramenta de trabalho para os pesquisadores em parasitologia;
6. Gerar relatórios de previsibilidade e acompanhamento da doença como instrumento estratégico para a Secretaria de Saúde do estado de Pernambuco;
7. Gerar relatórios com Mapeamento das Áreas e estudo de previsibilidade comportamental a partir das imagens de satélite processadas;
8. Analisar como os modelos propostos para a área litorânea de Pernambuco se comportam em outras zonas de contaminação por esquistossomose;
9. Divulgar nos meios de divulgação científica os resultados obtidos.

## 4 Metodologia científica e atividades de execução

### 4.1 Modelos matemático-computacionais

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 [12].

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 matemático-computacional da expansão da esquistossomose no estado de Pernambuco em complemento ao uso de Autômatos Celulares que já vem sendo realizado pelo Projeto Xiscanoé em Carne de Vaca.

#### 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 diferenciais. 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,

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

Anderson e May [3] propuseram 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 por Xu et al [22] 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. A exemplo do que o Projeto Xiscanoé fez em Carne de Vaca e pretende-se continuar nesta proposta.

### Autômatos Celulares

Autômatos Celulares [21] 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 [8, 18, 10]. 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 4. 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

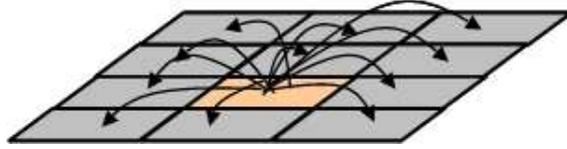


Figura 4: Ilustração de uma célula de Autômato Celular e a influência de sua vizinhança em suas gerações.

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 [16]. Entretanto, para o caso de localidades pequenas, como publicado pelo Projeto Xiscanoé em Carne de Vaca, esta análise se torna viável computacionalmente.

### Redes Bayseanas

Matematicamente, uma Rede Bayesiana é uma representação compacta de uma tabela de conjunção de probabilidades do universo do problema. Por outro lado, do ponto de vista de um especialista, Redes Bayesianas constituem um modelo gráfico que representa de forma simples as relações de causalidade das variáveis de um sistema. Uma Rede Bayesiana consiste do seguinte:

- Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis;
- Cada variável possui um conjunto limitado de estados mutuamente exclusivos;
- As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos (DAG);
- Para cada variável  $A$  que possui como pais  $B_1, \dots, B_n$ , existe uma tabela  $P(A|B_1, \dots, B_n)$ .

Observa-se que, caso  $A$  não possua um pai, a tabela de probabilidades é reduzida para uma probabilidade incondicional  $P(A)$ . Uma vez definida a topologia da rede, basta especificar as probabilidades dos nós que participam em dependências diretas, e utilizar estas para computar as demais probabilidades que se deseje. Redes Bayesianas têm sido utilizadas no diagnóstico e prevenção de doenças em epidemiologia [17]. Em [11], uma rede bayesiana é utilizada para diagnosticar grupos de risco para contração da doença tuberculose em populações endêmicas. A Figura 5 ilustra a Rede Bayesiana utilizada.

**Programação Linear** Modelos de programação linear têm como objetivo determinar uma solução que minimiza uma função, sujeita a um conjunto de equações e/ou inequações lineares. Estão presentes em muitas áreas de aplicações, com ênfase em problemas de economia e engenharia.

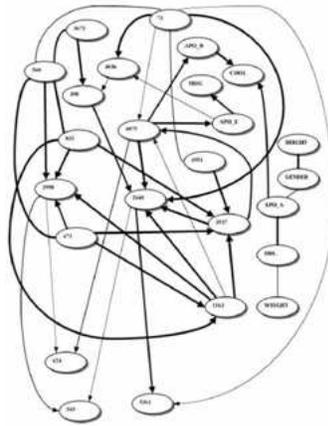


Figura 5: Rede Bayesiana utilizada para análise epidemiológica da Tuberculose.

Um modelo de programação linear pode ser descrito como,

$$\begin{aligned}
 \min \quad & c^T x \\
 \text{s.a.} \quad & Ax = b \\
 & x \geq 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

sendo  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$  a matriz de restrições,  $b \in \mathbb{R}^m$ ,  $c \in \mathbb{R}^n$  e  $x \in \mathbb{R}^n$  os vetores de termos independentes, custos e variáveis de decisão, respectivamente.

Particularmente, modelos envolvendo Programação Linear Estocástica conseguem restringir o espaço de solução através de iterações e sugerir comportamentos e análise de características de objetos nas mais diversas áreas do conhecimento [7, 1, 2].

Iniciativas de formação de Capital Humano para entender como estas técnicas de modelagem são utilizadas em epidemiologia vêm sendo implantadas em centros de pesquisa e universidades [9], como a exemplo dos Cursos e Disciplinas oferecidos pelo Projeto Xiscanoé, desde 2007-1, quando de seu início (vide Seção *Courses* no site do projeto [www.xiscano.org](http://www.xiscano.org)).

## Imagens como fonte de informação

Por outro lado, uma vez resolvido o modelo mais adequado a cada situação, as respostas obtidas por um modelo computacional serão mais fiéis quanto mais fiéis forem seus dados de entrada. Para o caso da modelagem do processo de expansão da esquistossomose, os dados dos inquéritos parasitológicos, dos questionários aplicados à população infectada e dos dados epidemiológicos da doença obtidos pelo CPqAM/FIOCRUZ fornecem uma base bastante variada e de extrema relevância para o estudo proposto.

Contudo, nesta proposta, também como no projeto Xiscanoé em Carne de Vaca, a proposição do modelo pretende cruzar a base de dados do CPqAM/FIOCRUZ com informações fornecidas por imagens de satélite para tentar capturar o aspecto de migração e contaminação temporal-geográfico das populações envolvidas. As imagens serão obtidas e processadas pelo GEOSERE - Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da UFRPE. Funcionando desde o final de 2001, a estação é fruto de uma parceria entre a UFRPE e o Centro Aeroespacial Alemão. Desde então, são feitos levantamentos periódicos de imagens a respeito do clima, relevo e vegetação de diversas áreas do país. Mapeamentos sobre desertificação e erosão do solo, atividades pesqueiras e oceanográficas são algumas das pesquisas desenvolvidas com base nas imagens captadas pela RSS - Recife Receiver Station, estação receptora de imagens de satélite. O sensoriamento remoto é definido por Lillesand, Kiefer & Chipman [13] como "a ciência e arte de receber informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno". Para se obter estas informações, usa-se um meio que, neste caso, é a radiação eletromagnética, supondo que esta possa chegar diretamente ao sensor. Isto, no entanto, não é possível em todas partes do espectro eletromagnético, porque a transmissividade atmosférica é variável para os diversos comprimentos de onda. As imagens de satélites estão sendo cada vez mais utilizadas em qualquer atividade que de alguma forma envolve o conhecimento do revestimento do solo a nível regional. Com o advento dos dados de imagens de alta resolução de satélites como o Landsat Thematic Mapper (TM) e Spot High Resolution (HRV), estudos são realizados para acessar o potencial das técnicas de processamento digital de imagens para mapear, monitorar e planejar, como ilustrado nas Figuras 6 e 7, cedidas pelo GEOSERE/UFRPE. O conhecimento atualizado da distribuição e área ocupada pela população em áreas rurais, urbanas e edificadas, bem como informações sobre as proporções das mudanças, se tornam cada vez mais necessárias a legisladores e planejadores. Informações atualizadas de uso e revestimento da terra podem ser úteis no inventário de recursos naturais, controle de inundações, identificação de áreas com processos perenes e/ou temporários, avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas econômicas e ações de impacto social. O levantamento do uso da terra em determinada região tornou-se um item fundamental na compreensão de padrões de organização do meio



Figura 6: Exemplo de Carta Temática (Uso do Solo na Zona da Mata em PE) construída a partir de Imagens de satélite (SPOT) integrada a dados do GIS.



Figura 7: Exemplo de Ortofotomapa - Orto-imagem (aerofoto ou imagem de satélite, Região Litorânea de Pernambuco) com informações de coordenadas e legenda explicativa.

ambiente. Assim, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso do solo para análise de tendências. Neste contexto, o Sensoriamento Remoto é uma técnica bastante útil e permite obter, em curto prazo, grande quantidade de informação sobre registros de comportamento e monitoramento do meio ambiente. Desta forma, pretende-se, especificamente nesta proposta, capturar e processar imagens de forma a constituir uma base de informação temporal dos mananciais de água da área litorânea de Estado de Pernambuco em seis áreas identificadas como foco de contaminação por esquistossomose. Com isso, o objetivo é tornar os modelos matemático-computacionais propostos pelo Xiscanoé mais precisos em suas respostas cruzando os dados de como os mananciais de água destas localidades se comportam durante as estações chuvosas do ano com as informações epidemiológicas coletadas pelo CPqAM/FIOCRUZ.

## 4.2 Atividades e processo de execução

1. **Organizar as informações coletadas por pesquisadores do CPqAM/FIOCRUZ em levantamento malacológico e epidemiológico nas áreas de (1) Goiana (Praia de Carne de Vaca) e (2) Itamaracá (Enseada dos Golfinhos); (3) Paulista (Praias de Janga e Pau Amarelo), (4) Igarassu (Praia do Capitão "Mangue-Seco", (5) Jaboatão dos Guararapes (Lagoa do Náutico) e (6) Ipojuca (Tamandaré e Porto de Galinhas) - todas no Litoral de Pernambuco - em um banco de dados gerenciável e com possibilidade de consultas, recuperação e indexação da informação;**

Para isto, será realizado um levantamento malacológico mensal nas seis localidades endêmicas da doença. Será utilizada a metodologia de coleta utilizando-se de uma rede de mão (Puçá) como no Projeto Xiscanoé [19] em Carne de Vaca. O uso de tal instrumento é motivado pela necessidade de tornar mais ágil o processo de coleta, uma vez que a cobertura é maior e é realizada em menor tempo [14]. O Puçá é confeccionado com uma rede de nylon (50cm de largura, 40cm de altura, 30 cm de abertura e 1 m<sup>2</sup> de malha), adaptada a um cabo de madeira ou aço (150cm de comprimento). No processo de coleta é aplicado um esforço amostral individual de 30 minutos, por varredura, em cerca de 10 (dez) metros de extensão, em cada um dos habitats selecionados.

2. **Alimentar o banco de dados existente do Xiscanoé com informações históricas de comportamento da doença e seus aspectos epidemiológicos nestes seis focos por dois anos;**

Para estas atividades de caráter mais técnico será utilizado o Sistema Gerenciador de Conteúdos (CMS) (<http://www.cmsmatrix.org/>) instalado pelo projeto Xiscanoé e que hoje abriga vários projetos correlatos em seu servidor. O servidor Plone usado

no xiscanoé pode ser acessado pelo domínio [www.xiscanoe.org](http://www.xiscanoe.org)). O site é um servidor WEB e acessível pelos membros do projeto através de login e controle por senha. As informações são alimentadas pelo próprio pesquisador ou técnico que coletar a informação. Assim consultas são formuladas pelos pesquisadores distribuidamente. Pois um CMS oferece ferramentas simples, todas acessadas através de qualquer navegador (Internet Explorer, Netscape, Firefox), que permite realizar todo o processo de gerência, desde a criação até o arquivamento do conteúdo, incluindo controle versão e recuperação da informação armazenada através de um engenho de busca. Nesta fase da coleta dos dados, os pesquisadores estarão participando em campo das visitas às seis localidades de coleta realizadas pelos pesquisadores do CPqAM/FIOCRUZ para tentar refinar e otimizar a coleta de informações do ponto de vista sistêmico, visando uma melhor organização do banco de dados. Como já vem sendo realizada pelo projeto ANKOS, sub-projeto do Xiscanoé e acessível pelo site [ankos.sourceforge.net](http://ankos.sourceforge.net), ou pelo Seção "Projects" do próprio site do Xiscanoé.

**3. Estudar a viabilidade computacional, implementar e calibrar modelos matemático-computacionais envolvendo modelos matemáticos em conjunção com Autômatos Celulares para previsibilidade comportamental do processo de expansão da esquistossomose na área litorânea do estado de Pernambuco;**

A escolha de modelos computacionais para análise de comportamentos de objetos e análise de previsibilidade baseada nesta análise é tema de pesquisa nos mais variados programas de Pós-Graduação do País, desde programas em Física como nos recém-criados programas de Matemática-Computacional. Entretanto, a área de computação não estuda esta máquina abstrata do aspecto teórico-computacional. Este é o tema científico deste projeto no quesito Ciência da Computação. Assim, pretende-se formar capital humano em máquinas abstratas de computação como Autômatos Celulares e nos fundamentos de Modelagem utilizando tais máquinas. Tal capacitação se dará pela consolidação de um grupo de pesquisa que já se reúne periodicamente, vide: <http://200.17.137.110:8080/schisto/cursos-e-disciplinas/> e com a participação dos pesquisadores colaboradores em cursos de modelagem computacional no LNCC e aqui na UFRPE. Ainda, utilizar o conhecimento dos pesquisadores colaboradores deste projeto que já estão imersos neste estudo em suas atividades individuais para especificar e gerenciar a implementação dos sistemas computacionais envolvendo os respectivos alunos associados aos programas de pós-graduação aos quais estão vinculados. Os pesquisadores colaboradores deste projeto possuem experiência na implementação de modelos computacionais como ocorreu com o Projeto SIMULARE - An Open Tool for Simulation, disponível em

<http://xsimulare.tigris.org/> e recentemente com o ANKOS - A New Kind Of Simulator, disponível em <http://ankos.sourceforge.net>.

4. **Capturar e processar imagens de forma a constituir uma base de informação temporal dos mananciais de água da área litorânea de Estado de Pernambuco; especificamente das áreas identificadas como foco de contaminação por esquistossomose, tornando os modelos matemático-computacionais propostos mais precisos em suas respostas pois irão cruzar os dados de como os mananciais de água se comportam durante as estações chuvosas do ano com as informações epidemiológicas coletadas por pesquisadores do CPqAM/FIOCRUZ;**

Tal atividade continuará sendo realizada no GEOSERE/UFRPE, o qual já possui larga experiência em análise e processamento de imagens. O cruzamento das bases de dados textuais com as informações obtidas das imagens gráficas se dará pela indexação das imagens por comentários de texto no gerenciador de conteúdos do projeto. Assim, as imagens serão inicialmente comentadas em suas características e dados e então inseridas na base de dados indexada.

5. **Selecionar os melhores modelos e viabilizá-los como ferramenta de trabalho para os pesquisadores em parasitologia;**

A execução desta atividade se dará por meio da experiência de membros do grupo em atividades como esta: transformar um protótipo em um produto com conceitos de engenharia de software utilizando o conceito de Fábricas de Software, vide <http://200.17.137.110:8080/in953>. Para o caso particular do projeto Xiscanoé, já há uma fábrica de software em definição e operação inicial. As atividades e projetos atuais da fábrica podem ser acompanhadas pelo site: <http://www.geemap.com.br/>.

6. Gerar relatórios de previsibilidade e acompanhamento da doença como instrumento estratégico para a Secretaria de Saúde do estado de Pernambuco;
7. **Gerar relatórios com Mapeamento das Áreas e estudo de previsibilidade comportamental a partir das imagens de satélite processadas;**
8. **Analisar como os modelos usando Autômatos Celulares propostos para Carne de Vaca - Goiana se comportam para as demais zonas de contaminação por esquistossomose;**

Esta análise se dará pelos dados coletados para as seis localidades de ocorrência da doença e comparando os dados em seus aspectos estatísticos para verificação de comportamento dos mesmos quanto ao modelo proposto para Carne de Vaca, Goiana.

Assim, poder-se-á observar e sugerir se o modelo proposto pode ser aplicável em outras instâncias de ocorrência da doença ou outros modelos deverão ser desenvolvidos.

9. **Divulgar nos meios de divulgação científica os resultados obtidos.**

## 5 Principais contribuições científicas e tecnológicas

Até então, de **novembro de 2006 a outubro de 2008**, o projeto Xiscanoé, que se pretende estender nesta proposta, produziu científica e tecnologicamente os seguintes produtos:

### 5.1 Prêmios

1. **Melhor Trabalho Científico** do *XXI International Symposium on Schistosomiasis* (Congresso Internacional de Esquistossomose), de frequência bi-anual, e que ocorreu em Salvador-BA nos dias 20 a 22 de agosto de 2008. Organizado pelo PIDE - Programa Integrado De Esquistossomose da Fundação Oswaldo Cruz.

### 5.2 Eventos Científicos

1. **I WMMC - I Workshop de Modelagem Matemático-Computacional Aplicada à Saúde Pública** tem por objetivo reunir pesquisadores das áreas envolvidas na modelagem de fenômenos epidemiológicos relacionados à Saúde Pública. Financiado pela FACEPE/FINEP/CNPq sob processo número: ARC-0080-1.03/07. O site do evento pode ser encontrado em <http://200.17.137.110:8080/wmmc>;
2. Está em fase de organização o **II WMMC**, que irá ocorrer de 26 a 28 de novembro de 2008;
3. Organizou juntamente com o Programa de Pós-Graduação em Biologia Molecular da UFPE o **Curso de BioInformática Aplicada a Genética**, cujo material, entre outros, encontra-se disponível em <http://200.17.137.109:8081/xiscanoe/courses-1/>;
4. Participou das IV e V Semanas Nacionais de Ciência e Tecnologia com palestras sobre Epidemiologia Computacional;
5. Ministrou, em Semanas acadêmicas na UFRPE, JED -Jornada de Educação Digital e Semana de Biologia, cursos de modelagem computacional e epidemiologia computacional.

### 5.3 Software e negócios

1. RIBEIRO, R. A., Mariz, L., ALBUQUERQUE, J. O., Souza, Marco A. A., BARBOSA, C. C. G. S. ANKOS - A New Kind of Simulator, 2008. <http://ankos.sourceforge.net>;
2. Brandão, E. Araújo, M. Pereira, P. Wagner, R. Geemap - geographical Environment for Epidemic Mapping, 2008. <http://www.geemap.com.br/>;
3. Encontra-se em fechamento de negociação com a WRI - Wolfram Research Inc. (<http://www.wolfram.com>) a disponibilização de vinte (20) licenças do Mathematica 6.0 para uso e treinamento de capital humano para o projeto e divulgação do ambiente de desenvolvimento produzido pela WRI.

### 5.4 Resumos em conferências

1. Melo, C. G.; Miranda, B.; Bocanegra, S.; Albuquerque, J.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Autômatos Celulares Probabilísticos para Simulação do Processo de Expansão da Esquistossomose entre Humanos. In Simpósio Internacional sobre Esquistossomose, 2008. Salvador. 11º Simpósio Internacional sobre Esquistossomose.
2. Miranda, B.; Melo, C. G.; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Análise Comparativa entre Métodos de Coleta de Moluscos usando Autômatos Celulares. In Simpósio Internacional sobre Esquistossomose, 2008. Salvador. 11º Simpósio Internacional sobre Esquistossomose.
3. Assis, E. C.; Lima, N. F.; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Modelo SIR para Esquistossomose utilizando Autômatos Celulares. In Simpósio Internacional sobre Esquistossomose, 2008. Salvador. 11º Simpósio Internacional sobre Esquistossomose.
4. Ramos, R.; Ralime, I.; Rodrigues, M; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Simulador do Processo da Expansão da Esquistossomose utilizando Autômatos Celulares. In Simpósio Internacional sobre Esquistossomose, 2008. Salvador. 11º Simpósio Internacional sobre Esquistossomose.
5. Miranda, B.; Melo, C. G.; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Utilização de Autômatos Celulares no Tratamento de Imagens de Mapas para Simular a Expansão dos Moluscos Transmissores da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2008, Belém. XXXI CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC.

6. Melo, C. G.; Miranda, B.; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Simulação da Expansão da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco utilizando dois Autômatos Celulares Probabilísticos. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2008, Belém. XXXI CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC.
7. Assis, E. C.; Lima, N. F.; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Barbosa, C. S. Implementação de Modelo SIR Usando Autômatos Celulares para Simulação do Processo de Expansão de Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2008, Belém. XXXI CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC.
8. Souza, Marco A. A.; BARBOSA, V. S.; ALBUQUERQUE, J. O.; BOCANEGRA, S.; BARBOSA, C. C. G. S. Levantamento malacológico para mapeamento das áreas de risco para transmissão da esquistossomose mansoni na praia de Carne de Vaca, litoral norte de Pernambuco In: XXVII Congresso Brasileiro de Zoologia, 2008, Curitiba - PR.
9. ARAUJO, D. F.; Firmo, André C. A.; Almeida, Vitor A. K.; ALBUQUERQUE, J. O.; BARBOSA, C. C. G. S. Autômatos Celulares na simulação da variação populacional de moluscos do gênero Biomphalaria glabrata no litoral de Pernambuco In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Florianópolis. XXX CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC, 2007.
10. Santos, Denis L. S.; ALBUQUERQUE, J. O.; BOCANEGRA, S.; CAMPOS, L. P. B. Avaliação de Sistemas SIG para Modelagem Geocomputacional In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. XXX CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC, 2007.
11. ARAUJO, D. F.; Almeida, Vitor A. K.; ALBUQUERQUE, J. O.; BOCANEGRA, S. Implementação de Autômatos Celulares para Simulação do Processo de Expansão da Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Florianópolis.
12. MIRANDA, B. A. F.; Azevedo, Alesanco A.; ALBUQUERQUE, J. O.; Almeida, Vitor A. K. Uso de Autômatos Celulares para a Simulação da Expansão de Infectados pela Esquistossomose no Estado de Pernambuco In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Florianópolis.

13. Almeida, Vitor A. K.; ALBUQUERQUE, J. O.; BOCANEGRA, S.; BARBOSA, C. C. G. S. Xiscanoé - Modelos Computacionais para Simulação do Processo de Expansão da Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2007, Florianópolis.

## 5.5 Trabalhos completos em conferências

1. Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Paredes, H.; Souza-Santos, R.; Barbosa, C. S. Xiscanoé - Modelos Matemático-Computacionais para Simulação do Processo da Expansão da Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco. In Simpósio Internacional sobre Esquistossomose, 2008. Salvador. 11º Simpósio Internacional sobre Esquistossomose.
2. Miranda, B.; Melo, C. G.; Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Paredes, H.; Souza-Santos, R.; Souza, M. A., Barbosa, C. S. Autômatos Celulares aplicados à Epidemiologia da Esquistossomose em Pernambuco - Uma Análise Comparativa de Processos de Coleta de Moluscos. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2008, Belém. XXXI CNMAC - Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC.
3. ROCHA, R. G. C. ; Arcoverde D. ; BRITO, R. ; AROXA, B. ; COSTA, C. ; SILVA, F. Q. B. ; ALBUQUERQUE, J. ; MEIRA, S. R. L. . Uma experiência na adaptação do RUP para pequenas equipes de desenvolvimento distribuído. In: II Workshop de Desenvolvimento Distribuído de Software (SBES-SBBD), 2008, Campinas. Anais do II Workshop de Desenvolvimento Distribuído de Software, 2008. p. 87-96.
4. Soares, F. F.; et al, ALBUQUERQUE, J. O. Adoção de SCRUM em uma Fábrica de Desenvolvimento Distribuído de Software In: I Workshop em Desenvolvimento Distribuído de Software, 2007, João Pessoa. I Workshop em Desenvolvimento Distribuído de Software. SBC, 2007.
5. RIBEIRO, R. A.; Guimarães, R.; MORARES, A. K. O.; MEIRA, S. R. L.; ALBUQUERQUE, J. O. Open Source Business Models Patterns In: SugarLoafPLoP '07 - 6th Latin American Conference on Pattern Languages of Programming, 2007, Porto de Galinhas - PE. 6th Latin American Conference on Pattern Languages of Programming. , 2007.

## 5.6 Periódicos submetidos e em submissão

1. Souza, H. P.; Souza-Santos, R. S.; resendes, A. P.; Souza, Marco A. A.; Albuquerque, J. O.; Bocanegra, S.; Barbosa, C. S. Caracterização do contato com água e condições domiciliares associados à ocorrência de esquistossomose em localidade do litoral norte do Estado de Pernambuco - **SUBMETIDO**. Caderno de Saúde Pública. FIOCRUZ, 2008.
2. Souza, Marco A. A.; Barbosa, V. S.; Albuquerque, J. O.; Bocanegra, S.; Souza-Santos, R. S.; Souza, H. P.; Barbosa, C. S. Aspectos ecológicos e levantamento malacológico para identificação de áreas de risco para transmissão da esquistossomose mansoni no litoral Norte de Pernambuco - **SUBMETIDO**. Iheringia. Série Zoologia, 2008.
3. Finch, G.; Albuquerque, J. O.; Bocanegra, S.; Souza-Santos, R. S.; Souza, H. P.; Souza, Marco A. A.; Barbosa, C. S. Method for Optimisation of Calculation of Disease Transmission Using Cellular Automata - **Em Submissão**. Optimization Letters. Elsevier, 2008.
4. Albuquerque, J.; Bocanegra, S.; Souza, M. A.; Paredes, H.; Souza-Santos, R.; Barbosa, C. S. Xiscanoé - Modelos Matemático-Computacionais para Simulação do Processo da Expansão da Esquistossomose na Área Litorânea de Pernambuco - **ARTIGO CONVIDADO, pelo prêmio de melhor trabalho científico no XXI International Symposium on Schistosomiasis**. Memórias do Oswaldo Cruz. ISSN 0074-0276. Publicação de Instituto Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde, 2009.

## 5.7 Considerações

Observa-se que em dois (2) anos, o projeto Xiscanoé foi bastante produtivo. Também, formamos oito (8) estudantes de IC como candidatos a Programas de Pós-Graduação em Computação no CIn-UFPE para ingresso em 2009 em parceria com Docentes e Pesquisadores do Centro de Informática da UFPE, uma vez que ainda não temos programa de Pós-Graduação em Computação na UFRPE. Um deles já encontra-se cursando o programa, chama-se Vitor Kessler e tem como orientadora a Professora Tereza Ludermir no Tema "Análise de Dados Epidemiológicos usando Sistemas Neurais Híbridos".

Então, para esta proposta pretende-se continuar, pelo menos, com estes mesmos índices de formação de Capital Humano, Produção Científica e Tecnológica que vem se mantendo desde novembro de 2006. Pois, a partir de 2009, teremos alunos ingressos em Programas de Pós-Graduação o que fortalece ainda mais as pesquisas realizadas e a produção científica. Ainda, pretende-se com a incorporação de empresas interessadas (vide Seção *Interesse de empresas e parceiras já estabelecidas*) consolidar a inserção das tecnologias computacionais desenvolvidas pelo Xiscanoé na sociedade de pesquisadores em epidemiologia da esquistossomose e outras endemias.

## 6 Justificativa de aderência a políticas públicas de impacto social

Como argumentado na seção "Qualificação do principal problema a ser abordado" desta proposta, é notável que a Esquistossomose em Pernambuco vem se tornando assunto de relevância estratégica no estado e ganhando uma escala que o trabalho só baseado em técnicas humanas não mais atende. Contudo, não há grupos de pesquisa em computação auxiliando a FIOCRUZ no processo de caracterização e estudo da doença no estado. A importância do problema nota-se pela preocupação de parlamentares aqui em Pernambuco, como noticiou o **Diário de Pernambuco**, jornal de circulação local, no último **dia 09 de maio de 2008**. A matéria pode ser acessada pelo site do Xiscanoé na seção *News*: <http://200.17.137.109:8081/xiscanoe/news> e reproduzida aqui:

*"Deputados debatem surto de Esquistossomose A esquistossomose, doença popularmente conhecida como barriga-d'água, volta a atacar de forma aguda a população de Pernambuco. Segundo a Gerência Geral de Vigilância em Saúde da Secretaria Estadual, a situação é grave em 82 cidades do Estado. A Comissão de Saúde da Assembleia Legislativa discute os novos casos da enfermidade, nesta quinta-feira (8), às 10h. O debate é aberto ao público. A audiência pública contará com a presença de representantes da Sec-*

*retaria Estadual de Saúde, Gerência Geral de Vigilância em Saúde, Prefeitos da Zona da Mata e Litoral, respectivos Secretários Municipais de Saúde. O último surto da barriga-d'água em Pernambuco foi registrado há oito anos, no litoral de Ipojuca.”*

Ainda, em matéria circulada na **Folha de Pernambuco do último dia 13 de junho de 2008**, também disponível na íntegra no site do Xiscanoé na secção *News*, observa-se a importância que o combate à Esquistossomose em Recife e Região tem para o Estado de Pernambuco. A matéria inicia-se assim:

*”A esquistossomose é uma doença endêmica, silenciosa, que, se não tratada, pode levar até a morte. Segundo dados do Ministério da Saúde, o Brasil é o país mais atingido pela enfermidade na América. Estima-se que pelo menos 35 milhões de brasileiros estejam sob risco de contaminação. Em Pernambuco, somente no ano passado, foram 15 mil os casos da doença e 196 mortes. [...]”*

Assim, é caracterizada a gravidade do problema abordado neste projeto.

## **7 Orçamento detalhado**

O Total do Projeto soma R\$ 132.165,09.

Tabela 1: Recursos para trabalho de campo e laboratoriais (FIOCRUZ).

CAPITAL	VALOR (R\$)
Freezer	1.500,00
Balança	4.130,00
Termobloco	1.250,00
Fonte p/ eletroforese	1.910,00
Microondas	300,00
Vortex	1.900,00
CUSTEIO	VALOR (R\$)
Microtubo (500 unid.)	260,00
Micropipetas	500,00
Ponteiras	200,00
Estante p/ Microtubo	100,00
Criotubos	250,00
Cuba p/ eletroforese	60,00
Agarose	400,00
dNTP set	470,00
Taq Polimerase Kit	140,00
Primer	100,00
Tampão de Amostra	60,00
Kit de Extração	300,00
Marcador de Peso Molecular	240,00
Álcool Etilico Absoluto Pa, Frasco De 1 Litro	500,00
LENÇO DESCARTÁVEL EM PAPEL 0,50 X 50, ROLO COM 50 MT.	300,00
Luva Não Estéril N. 8 e N 8,5 (Em Látex)	500,00
MÁSCARA CIRÚRGICA SIMPLES DESCARTÁVEL	150,00
Botas para trabalho de campo (4)	500,00
Viagem nacional (8 diárias)	1.502,64
Despesas de locomoção dentro do próprio estado	1.500,00
Prestação de Serviços técnicos	2.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>21.022,60</b>

Tabela 2: Recursos computacionais a serem utilizados no projeto.

Descrição	Justificativa	Atividades	Unit. (R\$)	Qtde (R\$)	Total (R\$)
<b>CAPITAL</b>					
Workstation	Processamento de dados	Todas	7.000,00	02	14.000,00
LapTop	Processamento de dados em campo	Todas	5.000,00	02	10.000,00
Licenças de software	Processamento de dados, licenças Mathematica GRID e Professional	Todas	7.580,00	01	7.580,00
Imagens de alta resolução espacial	Base temática para estudo nas áreas afetadas e identificação dos pontos de interesse	Todas	64,40	3600Km2	9.880,00
No Break 1,4 KVa	Estabilidade dos trabalhos digitais independentes da oscilação da tensão elétrica	Todas	560,00	04	2.240,00
GPS	Coleta de coordenadas das localidades e criadouros	Todas	1.600,00	2	3.200,00
Câmera Fotográfica com Zoom Óptico	Registro de ocorrência de moluscos e fatores ambientais	Todas	2.000,00	1	2.000,00
HD - Externo	Armazenamento de dados e hot-backup	Todas	600,00	4	2.400,00
Plotagem	Impressão dos mapas	Todas	-	-	4.500,00
Desktops servidor CMS	Armazenamento de dados e implementação de modelos	Todas	4.000,00	3	12.000,00
Cluster GRID	Computação de Autômatos em GRID paralelo	Todas	3.700,00	4	14.800,00
Material Bibliográfico	Livros	Todas	150,00	20	3.000,00
<b>CUSTEIO</b>					
Serviços terceiros	Trabalho de Campo	Todas	300,00	20	6.000,00
Passagens	Eventos nacionais	Todas	1.200,00	3	3.600,00
	Eventos internacionais	Todas	U\$1.500	1*R\$2,37	3.555,00
Diárias	Eventos nacionais	Todas	187,83	3*5	2.817,45
	Eventos internacionais	Todas	U\$200,00	5*R\$2,37	2.370,00
	Trabalho de Campo	Todas	187,83	8	1.502,64
Material Consumo	Consumo e reparos de equipamentos elétricos e móveis	Todas	200,00	24	4.800,00
<b>TOTAL</b>					<b>111.142,45</b>

## 8 Cronograma físico-financeiro

O cronograma físico-financeiro está dividido em três grandes etapas, representadas nas Tabelas 3, 4 e 5, cujos cronogramas financeiros são 20%, 50% e 30% do total de recursos, respectivamente.

Tabela 3: Desembolso financeiro - 20% do total no início desta etapa.

ATIVIDADES	ANO 2008	
	Nov	Dez
1. levantamento malacológico e inquérito parasitológico nas seis localidades	X	X
2. Avaliação Ferramental	X	X
3. Apropriação Técnico-científica dos métodos da FIOCRUZ	X	X
4. Consolidação de grupo de estudos em métodos e ferramentas computacionais	X	X
5. Elaboração e publicação de repositório de dados coletados	X	X

Tabela 4: Desembolso financeiro - 50% do total no início desta etapa.

ATIVIDADES	ANO 2009											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. levantamento malacológico e inquérito parasitológico nas seis localidades	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Formação de Capital Humano para replicação de metodologia				X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Organização das informações coletadas nos servidores Xiscanoé						X	X	X	X	X	X	X
4. Estudo e Análise dos Modelos Computacionais nas bases de dados coletadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5. Incorporação das imagens de satélite obtidas na base de dados coletada			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6. Análise da expansão dos dados de Carne de Vaca para as demais localidades			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Participação em programas de Pós-Graduação como grupo atuante e orientador de trabalhos com ênfase em Métodos e Ferramentas Computacionais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 5: Desembolso financeiro - 30% do total no início desta etapa.

ATIVIDADES	ANO 2010									
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
1. Configuração e implementação de ambiente para uso por pesquisadores da FIOCRUZ				X	X	X	X	X	X	X
2. Disponibilização de serviços Xiscanoé na WEB	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Avaliação de metodologia e autômatos nas localidades investigadas				X	X	X	X	X	X	X
4. Relato das atividades em veículos de divulgação científica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5. Elaboração e publicação de repositório de dados coletados					X	X	X	X	X	X
6. Oferta de material produzido às secretarias de saúde dos municípios					X	X	X	X	X	X
7. Participação em programas de Pós-Graduação como grupo atuante e orientador de trabalhos com ênfase em Métodos e Ferramentas Computacionais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## 9 Identificação dos participantes e respectivas áreas de atividades

- **Equipe UFRPE - Modelagem matemático-computacional**  
Jones Albuquerque - Doutor Computação, Graduação Computação  
Silvana Bocanegra - Doutor Computação, Graduação Matemática  
Tiago Ferreira - Doutor Física e Computação, Graduação Física  
Maité Kulesza - Doutor Matemática, Graduação Matemática  
Manoel Rodrigues - Estudante PIBIC  
Anderson Paulo - Estudante PIBIC/FACEPE (Candidato a Mestrado)  
Dalton Araújo - Estudante IC  
Vitor Kessler - Mestrando  
André Caetano - Estudante IC (Candidato a Mestrado)  
Elaine de Assis - Colaborador (Candidato a Mestrado)  
Breno Miranda - Colaborador (Candidato a Mestrado)  
Cristiano Melo - Colaborador (Candidato a Mestrado)  
Danielle Nathália - Estudante IC (Candidato a Mestrado)  
Natália Flora - Colaborador (Candidato a Mestrado)
- **Equipe CPqAM - FIOCRUZ - Coleta e levantamentos malacológicos e análise parasitológica e molecular**  
Contança Barbosa - Doutor Saúde Pública  
Manoel Amarista - Doutorando
- **Equipe ENSP - FIOCRUZ - Análise Geoespacial de Imagens de satélite**  
Reinaldo Santos - Doutor Saúde Pública  
Helen Paredes - Colaborador
- **Equipe GEOSERE/UFRPE - Fornecimento e tratamento de imagens de satélite**  
Hernande Pereira - Mestre Processamento de Imagens  
Manoel Rodrigues - Estudante PIBIC/CNPq
- **Equipe SVVR/LNCC - Processamento de Imagens**  
Paulo Sérgio Rodrigues - Pós-Doutor Computação

## 10 Interesse de empresas e parceiras de colaboração já estabelecidas

Atualmente, o projeto Xiscanoé está em negociação com o WRI (<http://www.wolfram.com>), empresa que produz o Mathematica, ferramenta utilizada nas simulações por Autômatos Celulares, para que este financie os pesquisadores em seus estudos de Pós-doc em seus laboratórios em Illinois - EUA.

Ainda, a Geemap (<http://www.geemap.com.br/>), empresa constituída pelo Porto Digital/CESAR e está interessada em produtizar os protótipos do Projeto Xiscanoé para serem comercializados pela FIOCRUZ e OMS. A exemplo do software de catalogação e descrição de pontos de coleta desenvolvido em parceria com a Geemap e disponível em seu site e reproduzido na Figura 8.

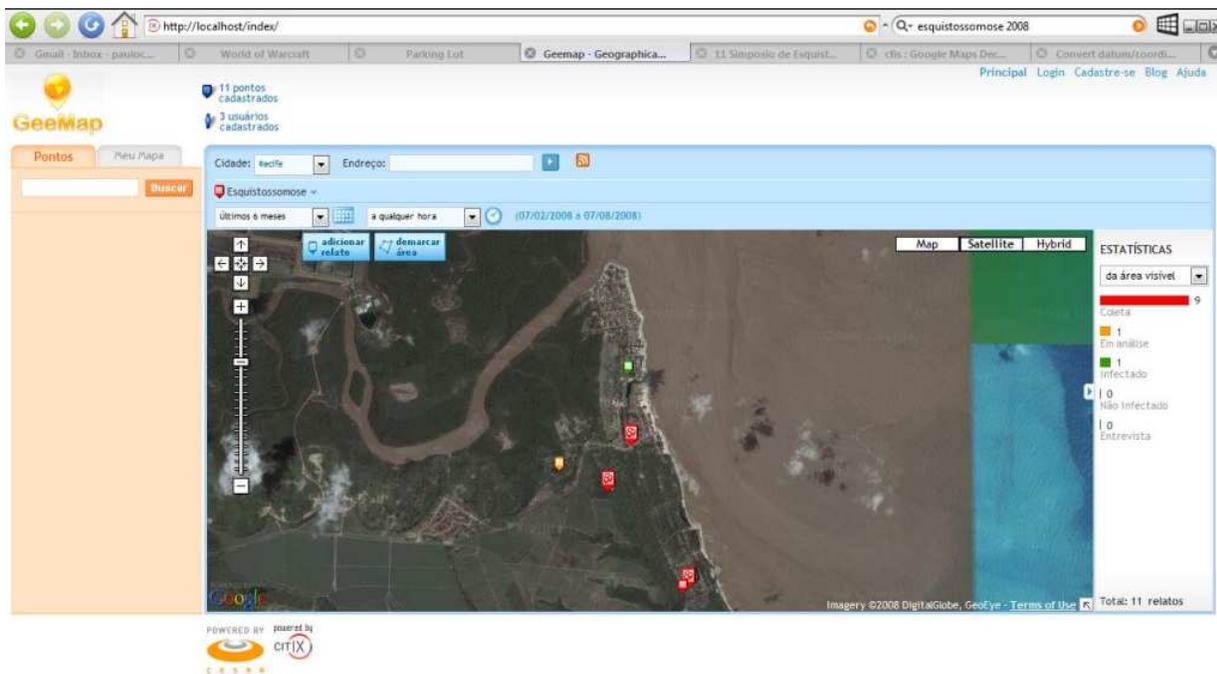


Figura 8: Tela do Geemap com sistema integrado a fotos de satélite. Neste caso, foto de Carne de Vaca - Goiana com as marcações dos pontos de coleta.

## 11 Disponibilidade de infra-estrutura e apoio técnico

### Laboratório de Parasitologia - CPqAM-FIOCRUZ

O laboratório possui seis técnicos laboratoriais e equipamentos específicos para a realização das atividades biológicas deste técnicos.

Vide algumas fotos do Laboratório na Figura 9.



Figura 9: Laboratório de Esquistossomose do CPqAM/FIOCRUZ.

### Laboratório de Mídias e Modelagem Computacional - DEINFO-UFRPE

O laboratório possui quatro (4) máquinas desktops e oito (8) alunos de IC. A infra-estrutura disponível pode ser acessada pelo site do projeto Xiscanoé através do link: <http://200.17.137.109:8081/xiscanoé/infra-estrutura/infraestructure>

### GEOSERE-UFRPE

O laboratório possui oito (8) estações para captura, tratamento e processamento de imagens, antena para recepção de imagens de satélite e dois (2) técnicos que mantém a infra-estrutura de execução. Maiores informações podem ser obtidas diretamente no site do Laboratório através do link: <http://www.dtr.ufrpe.br/geosere/>

## 12 Recursos de outras fontes - estimativas

Estão previstos recursos de outra fontes distribuídos da seguinte maneira durante os dois anos de projeto (isto inclui a alocação de Capital Humano para o projeto):

WRI - Wolfram Research Inc. USD 20,000

FIOCRUZ - R\$ 50.000,00

CNPq - R\$ 60.000,00.

## 13 Aspectos éticos

O desenvolvimento deste projeto não representa risco para a população humana das lo-

calidades estudadas. Todo o procedimento de coleta de material físico-químico e biológico não representa risco para a população local, que não está envolvida nas atividades. Os técnicos e pesquisadores envolvidos no estudo são profissionais já treinados e capacitados nas referidas condutas. Todo o material biológico e físico-químico será analisado no laboratório de Esquistossomose do Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães / Fiocruz, Serviço de Referência em Esquistossomose da região Nordeste, e, portanto, já certificado e apto a estas atividades.

## Referências

- [1] J. O. Albuquerque and C Coelho JR. *A Stochastic Approach for Conceptual Level Codesign*. PhD thesis, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2001.
- [2] J. O. Albuquerque, C. Coelho JR, D. Cecílio JR, A. O. Fernandes, and G. R. Mateus. Solving a stochastic formulation for hardware/software codesign. In *9th International Conference on Stochastic Programming*, 2001.
- [3] R. M. Anderson and R. M. May. Spatial, temporal, and genetic heterogeneity in host populations and the design of immunization programmes. *IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology*, 1(3):233–266, 1984.
- [4] D. F. Araujo, A. C. A. Firmo, V. A. K. Almeida, J. O. Albuquerque, and C. C. G. S. Barbosa. Autômatos celulares na simulação da variação populacional de moluscos do gênero *biomphalaria glabrata* no litoral de pernambuco. In *XXX Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional*, Florianópolis, 2007. SBMAC.
- [5] C. C. G. S. Barbosa, F. Abath, S. Montenegro, A. L. Domingues, V. Spinelli, and U. Guida. Epidemia de esquistossomose aguda na praias de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(3):725–728, 2001.
- [6] C. C. G. S. Barbosa, Araujo K, T. C. Favre, and O. S. Pieri. Identification of human parasite *schistosoma mansoni*: Spacial distribution of schistosomiasis foci in Itamaracá Island, Pernambuco, Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 99:79–83, 2004.
- [7] S. Bocanegra, F. F. Campos, and A. R. Oliveira. Using a hybrid preconditioner for solving large-scale linear systems arising from interior point methods. *Computational Optimization and Applications*, 36:149–164, 2007.
- [8] N. Boccara, K. Cheong, and M. Oram. A probabilistic automata network epidemic model with births and deaths exhibiting cyclic behaviour. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 27:1585–1597, 1994.

- [9] Universidade de São Paulo. Modelos matemáticos em epidemiologia. Disciplina do Programa Pós-Graduação em Matemática, 2005.
- [10] 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.
- [11] L. Getoor, J. T. Rhee, and D. Koller. Understanding tuberculosis epidemiology using structured statistical models. *Artificial Intelligence in Medicine*, 30:233–256, 2004.
- [12] M. C. Goldbarg and H. L. L. Pacca. *Otimização Combinatória e Programação Linear*. Editora Campus, 2a Edição, 2005.
- [13] T. M. Lillesand, R. W. Kiefer, and J. W. Chipman. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Jhon Wiley & Sons, 2004, 5a Edição.
- [14] B. Miranda, C. G. Melo, J. Albuquerque, S. Bocanegra, H. Paredes, R. Souza-Santos, M. A. Souza, and C. S. Barbosa. Autômatos celulares aplicados à epidemiologia da esquistossomose em pernambuco - uma análise comparativa de processos de coleta de moluscos. In *XXXI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional*, Belém-PA, 2008. SBMAC.
- [15] J. A. T. Morgan, J. D. J. Randall, C. C. G. S. Barbosa, and E. Originand Loker. Identification of human parasite schistosoma mansoni. *Molecular Ecology*, 14:3889–3900, 2005.
- [16] W. R. Oliveira, M. C. P. Souto, and T. B. Ludermir. Turing’s analysis of computation and artificial neural networks. *Journal Of Intelligent And Fuzzy Systems*, pages 63–91, 2003.
- [17] A. Rodin, T.H. Mosley, A. G. Clark, C. F. Sing, and E. Boerwinklei. Mining genetic epidemiology data with bayesian networks application to apoe gene variation and plasma lipid levels. *J Comput Biol.*, 12(1):1–11, 2005.
- [18] G. Rousseau, B. Giorgini, R. Livi, and H. Chate. Dynamical phases in a cellular automaton model for epidemic propagation. *Physica D*, 103:554–563, 1997.
- [19] M. A. A. Souza, V. S. Barbosa, J. O. Albuquerque, S. Bocanegra, R. S. Souza-Santos, H. P. Souza, and C. S. Barbosa. Aspectos ecológicos e levantamento malacológico para identificação de áreas de risco para transmissão da esquistossomose mansoni no litoral norte de pernambuco. Submetido à Iheringia - Série Zoologia, 2008.

- [20] M. A. A. Souza, V. S. Barbosa, Albuquerque J. O., S. Bocanegra, and C. C. G. S. Barbosa. Levantamento malacológico para mapeamento das áreas de risco para transmissão da esquistossomose mansoni na praia de carne de vaca, litoral norte de pernambuco. In *XXVII Congresso Brasileiro de Zoologia*, Curitiba-PR, 2008. .
- [21] S. Wolfram. *A New Kind of Science*. Published by Wolfram Media, 2002.
- [22] 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.