

ANÁLISE ESPACIAL APLICADA NA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO PARA ALGUMAS DOENÇAS ENDÊMICAS (CALAZAR, DENGUE, DIARRÉIA, D.S.T. – DOENÇAS SEXUALMENTE TRANSMISSÍVEIS E TUBERCULOSE), NO BAIRRO DE CAMPO LIMPO – FEIRA DE SANTANA (BA)

APPLIED SPATIAL ANALYSIS IN DETERMINING RISK AREAS FOR SOME ENDEMIC DISEASES (CALAZAR, DENGUE, DIARRHEA, S.T.D - SEXUALLY TRANSMITTED DISEASES - AND TUBERCULOSIS) IN THE DISTRICT OF CAMPO LIMPO, FEIRA DE SANTANA (BAHIA)

*Elisângela Oliveira Carneiro**

*Rosângela Leal Santos***

RESUMO — *O presente estudo objetiva estimar áreas de risco para ocorrência de algumas doenças endêmicas no Bairro Campo Limpo, situado na periferia de Feira de Santana (BA), usando técnicas de Geoprocessamento e análise espacial. Este trabalho analisa a distribuição espacial e a correlação com a situação econômica e educacional da população.*

PALAVRAS-CHAVES: *Geoestatística; Geoprocessamento; SIG.*

ABSTRACT — *The objective of the present study is to estimate risk areas for the occurrence of endemic diseases in the neighborhood of Campo Limpo, in the outskirts of the city of Feira de Santana (BA), using geoprocessing techniques and spatial statistics. The work intends to analyze spatial distribution and its correlation with the economic and educational situation of the population.*

KEYWORDS: *Geostatistics; Geoprocessing; SIG.*

* Graduanda em Matemática DTEC (UEFS), E-mail: elis@uefs.br

** Prof. Assistente DTEC (UEFS), E-mail: rosaleal@uefs.br

Universidade Estadual de Feira de Santana – Dep. de Tecnologia. Tel./Fax (75) 224-8056 - BR 116 – KM 03, Campus - Feira de Santana/BA – CEP 44031-460.

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo estimar áreas de riscos para a ocorrência de doenças endêmicas no Bairro Campo Limpo, situado na periferia da cidade de Feira de Santana – BA, um local com alta densidade demográfica e infraestrutura precária, onde predomina uma população carente de assistência e atenção tanto do ponto de vista da saúde quanto do ponto de vista político-administrativo, utilizando-se técnicas de Geoprocessamento e análise estatística espacial.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Escolheu-se o Bairro de Campo Limpo, com uma área aproximada de 2,04 km² (Figura 1). Localizado na periferia da cidade, fora do anel rodoviário (Anel de Contorno), seu desenvolvimento se deu pelo loteamento de propriedades rurais de pequeno e médio porte, como, chácaras e pequenas fazendas, seguindo a direção da BR 116 – Norte, devido ao avanço do fornecimento de infra-estrutura e serviços provocado pela implantação do Campus da UEFS, no início da década de 80.

A população total do Campo Limpo (IBGE. - 1996) é de 14.491 habitantes, representando 3,2% da população total do município, que é estimado em 450.487 habitantes. A distribuição da população, por sexo, é: 6 945 homens, perfazendo um total de 47,9% e 7 546 mulheres correspondendo a 52,1% da população do bairro. A composição etária é expressivamente adulta e está representada por 37%, na faixa de 20-49 anos.

3 ABORDAGEM CONCEITUAL

3.1 Saúde Pública

Os modelos de localização parecem constituir poderosas ferramentas de apoio à decisão na distribuição espacial de tecnologias de saúde. Deve-se considerar que o modelo e o método de solução geralmente utilizados não permitem a localização

espacial da ocorrência da doença, nem um prognóstico rápido, com indicação das áreas de risco ou de maior urgência de intervenção da saúde pública. No entanto, o crescimento do uso do SIG na área de saúde, o desenvolvimento e aplicação de “pacotes” comerciais, utilizando métodos de solução exatos vêm colocando essa discussão em novos patamares (RIVAS, 1995).

Apresentamos, aqui, uma proposta metodológica do uso de SIG para gestão da saúde pública a qual consideramos adequada para, se não resolver, ao menos servir de apoio para o equacionamento dos problemas apresentados pela saúde pública, em diversos setores. Entretanto, deixamos algumas questões em aberto, pois essas requerem uma discussão mais ampla e aberta com diferentes segmentos da sociedade.

No presente trabalho, adotou-se como referência teórica que a situação da saúde de uma população é a expressão fiel das condições de vida dessa população. Nessa perspectiva, o conceito que engloba o estudo do contexto da situação de saúde enquanto espaço-território, para além dos limites geográficos, constitui um espaço no qual as formas de um território expressam a realidade socioeconômica dos grupos que a compõem. Neste contexto, a espacialização do território nada mais é do que a materialização dos conteúdos socioeconômicos, somados aos aspectos políticos, culturais e sanitários.

Foram selecionados setores censitários para a realização de inquérito domiciliar para coleta de dados pelos agentes comunitários de saúde da prefeitura local, ligados ao Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS). Tais dados foram reunidos e organizados pelo Dep. de Saúde da UEFS e disponibilizados em Home Page para consulta pública (www.uefs.br/dsau). Visando iniciar um grupo de trabalho com técnicas de geoestatística, o grupo de Pesquisa de Geoprocessamento do Departamento de Tecnologia da UEFS utilizou os dados disponibilizados na Home Page para realizar estudos de treinamento e capacitação do corpo discente, nas técnicas de análise geográfica. O objetivo final seria a elaboração de um banco de dados espacial e relacional, que contivesse as informações da ocorrência e distribuição de doenças (pontos - temático) e dados econômicos,

sociais, educacionais e disponibilização de serviços da população (cadastro - zonal) que servissem como indicadores de saúde e qualidade de vida, dentro de um mesmo projeto de SIG.

3.2 GEOPROCESSAMENTO

3.2.1 Análise geográfica

A análise espacial pode ser definida como uma técnica que busca descrever os padrões existentes nos dados espaciais e estabelecer, preferencialmente de forma quantitativa, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas. Segundo Carvalho (1997), essa técnica compreende três métodos: métodos de visualização; métodos exploratórios (para investigar a existência de algum padrão nos dados); e métodos que auxiliem a escolha de um modelo estatístico e a estimação dos parâmetros desse modelo. Esses métodos utilizam como ferramenta, segundo Anselin (1999), a seleção, manipulação, análise exploratória e confirmação (modelagem).

(a) *Seleção*: compreende os processos de navegação num banco de dados geográficos, realizando consultas e apresentando mapas cloropléticos simples;

(b) *Manipulação*: envolve todas as funções que criam dados espaciais. Nesta etapa, é que será utilizada Álgebra de Mapas em Geoprocessamento, ampliando a capacidade de análise e correlações;

(c) *Análise exploratória*: permite descrever e visualizar distribuições espaciais, descobrir padrões de associação espacial (aglomerados espaciais), sugerir a existência de instabilidades espaciais (não-estacionariedade) e identificar observações atípicas (*outliers*). Essas técnicas, quando aplicadas a dados espaciais, são essenciais ao desenvolvimento das etapas da modelagem estatística espacial, em geral, muito sensível ao tipo de distribuição, à presença de valores extremos e à ausência de estacionariedade (CARVALHO, 1997).

(d) *Análise confirmatória*: envolve o conjunto de modelos de estimação e procedimentos de validação, necessários para implementar análises multivariadas com componentes espaciais.

Essas análises partem do conceito de Waldo Tobler de que *“todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes”*. Desse conceito se retira a premissa da dependência espacial e sua formulação matemática, a autocorrelação espacial, por que se subentende que, numa dada situação, observações próximas no espaço possuirão valores similares, indicando a correlação de atributos, e, a partir daí, medir-se-á quantitativamente esse relacionamento.

O software adotado, o SPRING 3.4, apresenta 8 ferramentas básica para análise geográfica: medida geográfica, cálculo de área, mapa de distância, tabulação cruzada, álgebra de mapas com LEGAL, estatística espacial para análise de padrões pontuais, estimador de densidade por kernel e geoestatística.

3.2.2 Estatística espacial – análise de padrões pontuais

No caso da análise de “padrões pontuais”, também denominada de “análise de padrões pontuais univariados”, os dados são pontos relacionados a algum evento em que somente a localização dos pontos é considerada, o mesmo não tem qualquer valor a ele agregado, seu único atributo é a localização, o que o faz diferir da geoestatística em que os atributos relacionados à amostra são relevantes.

O software utilizado, o SPRING 3.4, apresenta dois procedimentos para este tipo de análise: o método da *distância ao vizinho mais próximo* e o da *função K*. Segundo Monteiro (1999), estes dois métodos analisam as propriedades dos dados, conhecidas como de segunda ordem ou dependência espacial. A componente de segunda ordem é responsável pelos desvios estocásticos em relação a média e, ao contrário de assumir esses desvios espacialmente independentes, pode-se considerar uma estrutura de covariância espacial ou dependência espacial no processo. Essa componente de segunda ordem é modelada como um processo espacial estacionário e isotrópico.

Um processo espacial $\{ Y(s), s \in R \}$ é estacionário ou homogêneo se suas propriedades estatísticas, média e variância, são constantes na região R e, portanto, não dependem da localização, s . Estacionaridade, além disso, sugere que a matriz

de covariância, entre valores de qualquer dois sites s_i e s_j , depende, exclusivamente, da direção e da distância entre eles e, não, de seus valores absolutos. Se, além disso, a matriz de covariância do processo for independente da direção, então, tem-se um processo estacionário isotrópico (CÂMARA, 1999).

Num processo isotrópico, existe uma relação estreita entre a distribuição das distâncias entre eventos e as propriedades de segunda ordem.

A distância ao vizinho mais próximo é uma medida que leva em consideração propriedades de segunda ordem. Uma maneira de verificar o grau de dependência espacial em um padrão de pontos é observar o comportamento da distribuição acumulada dessas distâncias. O método do vizinho mais próximo considera a estimativa de $G(w)$, como a distribuição acumulada da distância entre qualquer evento escolhido aleatoriamente e o evento vizinho mais próximo.

Para a análise univariada, a estimativa do vizinho mais próximo é reduzida a:

Onde:

= número de

n = é o número de eventos nesta área

w_i = distância medida entre eventos

w = distância de comparação escolhida pelo usuário

$$\check{G}(w) = \#(w_i \leq w) / n$$

Os gráficos dos resultados empíricos de $\check{D}(w)$ versus “ w ” podem ser utilizados como método para inferir se há alguma evidência de interação entre os eventos. Se o gráfico mostra uma função com brusca elevação no início, pode sugerir um agrupamento na escala considerada. Se a elevação ocorre a intervalos de distâncias maiores, mais para o final da curva, sugere-se repulsão ou regularidade entre os eventos.

O vizinho mais próximo pode ser usado como método formal para comparação estatística da distribuição observada dos eventos, com o que seria esperado sob a hipótese de Aleatoriedade Espacial Completa (CSR). Este caso corresponde à opção “*Vizinho mais próximo com simulação*”.

O modelo espacial padrão para Aleatoriedade Espacial Completa é que eventos seguem um processo homogêneo de

Poisson na região de estudo (CÂMARA & MEDEIROS, 1998). Isso significa que, no processo espacial pontual descrito, consideram-se $Y(A_i)$ e $Y(A_j)$ variáveis aleatórias independentes para qualquer escolha de A_i e A_j , e que a distribuição de probabilidade de $Y(A)$ obedece a distribuição de Poisson com média λA , em que A é a área de A e λ o número médio de eventos por unidade de área. Além disso, considerando o número total de eventos em R , eventos são independentes e uniformemente distribuídos em R . Isso significa que qualquer evento tem a mesma probabilidade de ocorrer em qualquer posição, e que a posição de qualquer evento é independente da posição do outro, não há interação entre eventos.

Pode-se, então, simular n eventos com distribuição uniforme dentro da região e formular a hipótese para testar se os padrões observados estão agrupados, aleatórios ou regulares.

O método do vizinho mais próximo baseia-se em distâncias aos eventos mais próximos e, portanto, consideram as escalas menores do padrão. Para obter informações mais efetivas de um padrão espacial abrangendo grandes intervalos de escala, o melhor método é a função K .

3.2.2.1 A Função K

Este método de análise proporciona uma descrição mais efetiva da dependência espacial em um intervalo mais largo de escalas e está relacionado com propriedades de segunda ordem de um processo isotrópico (MONTEIRO, 1998). Portanto, supondo o processo isotrópico em toda a região, a função K é definida para um processo univariado, como:

$K(h) = E(\# \text{ de eventos da distância } h \text{ de um evento arbitrário}),$

onde:

$\#$ = número de

$E()$ = é o operador esperança

λ = é a intensidade ou número médio de eventos por unidade de área, em uma região assumida como constante

$$\text{A função } K \text{ pode ser estimada por } K(h) = \frac{R}{n^2} \sum_{i \neq j} \sum \frac{l_h(d_{ij})}{w_{ij}}$$

Para entender essa função, imagina-se que cada evento seja visitado e, ao seu redor, constroem-se círculos concêntricos espaçados. O # acumulado de eventos dentro de cada um desses círculos é contado. Todos os eventos são visitados e o # de eventos que caem dentro de uma distância h de todos os eventos é calculado e passa a ser a estimativa da função K quando ponderada por $\frac{R}{n^2}$, ignorando efeito de borda (w_y)

No caso de um processo homogêneo sem dependência espacial, $K(h) = p h^2$. Portanto, sob agrupamento, espera-se que $K(h) > p h^2$ e, no caso de regularidade, $K(h) \leq p h^2$.

A fim de facilitar a interpretação gráfica da função K , que é menos intuitiva do que a do vizinho mais próximo, utiliza-se uma fórmula simplificada $L(h) = \sqrt{\frac{K}{\pi}} - h$. No gráfico de $L(h)$ contra h , picos positivos indicam atração espacial ou agrupamento e picos negativos indicam repulsão ou regularidade.

O método da função K tem, portanto, vantagens em relação à abordagem do vizinho mais próximo. Apresenta informação em diversas escalas de padrões, envolve o uso da localização precisa do evento e inclui todas as distâncias evento-evento.

Outro motivo de seu uso é que a forma teórica de $K(h)$ é conhecida para vários modelos de pontos. Portanto, $K(h)$ não é utilizado apenas para explorar a dependência espacial, mas, para a sugestão de modelos que representem essa dependência e para a estimativa de parâmetros do modelo.

3.2.2.2 Estimador por Kernel

Estimar a intensidade de um padrão de pontos é como estimar uma densidade de probabilidade bivariada. O SPRING 3.4 utiliza, como função bivariada para obter uma estimativa da intensidade do padrão de pontos, um Kernel quártico.

O estimador de Kernel tem por objetivo gerar uma grade em que cada célula representa o valor da intensidade, densidade, razão entre atributos etc. O valor obtido será uma medida de influência das amostras na célula.

Supondo que s represente uma localização em uma região R e s_1, \dots, s_n são localizações de n eventos observados, amostras. Então, a densidade, na localização s é estimada, segundo a fórmula

$$\sum_{h_i \leq \tau} \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2} \right)^2$$

onde h_i é a distância entre o ponto \mathbf{s} e a localização do evento observado \mathbf{s}_i , e a soma só ocorre para os pontos que estão a uma localização h_i que não ultrapasse τ .

A região de influência dentro da qual os eventos contribuem para o cálculo da intensidade é um círculo de raio τ com centro em \mathbf{s} . Observando a fórmula, verifica-se que, na localização \mathbf{s} , a uma distância zero, o peso é 3 e cai suavemente para o valor zero quando a distância é τ .

$$\pi \tau^2$$

Quando se estima o Kernel sobre uma grade, pode-se pensar em uma função tridimensional que visita cada ponto \mathbf{s} dessa grade. Calculam-se as distâncias de cada ponto \mathbf{s} aos eventos observados que estiverem dentro da região de influência limitada pela distância τ . Essas distâncias contribuem para o cálculo da intensidade estimada no ponto \mathbf{s} .

A escolha de τ define a suavização da superfície gerada. Para grandes larguras τ a intensidade estimada é suave e, para pequenas larguras, a intensidade tende a dar picos centrados em \mathbf{s} .

Assim, conclui-se que a função do Kernel é interpolar um valor de intensidade para cada célula de uma grade, considerando uma função simétrica, centrada na célula, utilizando-se para o cálculo os pontos situados até uma certa distância do centro da célula.

Esta função pode ou não considerar os atributos do ponto. No caso mais simples, em que cada ponto corresponde, apenas, à ocorrência do evento, trata-se de um estimador de intensidade ou “eventos por unidade de área”. Caso exista um valor associado ao ponto, pode-se utilizar a fórmula

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} \left(\frac{s - s_i}{\tau} \right) y_i$$

que representa a quantidade do atributo por unidade de área. Se quiser um estimador do valor médio do atributo, pode-se dividir esse valor pelo # de eventos por unidade de área e obtém-se

$$p_{\tau}(s) = \frac{\sum_{i=1}^n k \left(\frac{s - s_i}{\tau} \right) y_i}{\sum_{j=1}^n k \left(\frac{s - s_j}{\tau} \right)}$$

No caso de estar se trabalhando com polígonos, pode-se associar a esse polígono o seu centróide, podendo utilizar as ferramentas acima.

Para se estimar “eventos por população”, basta dividir “# de eventos por área” pela “população por área”, obtendo

$$p_{\tau}(s) = \frac{\sum_{i=1}^n k \left(\frac{s - s_i}{\tau} \right)}{\sum_{j=1}^n k \left(\frac{s - s_j}{\tau} \right) y_i}$$

Outra aplicação seria utilizar como população outro processo espacial bem representativo da população e que é denominado processo de controle. Este caso seria uma razão entre dois processos representado pela fórmula:

$$p_{\tau}(s) = \frac{\sum_{i=1}^n k \left(\frac{s - s_i}{\tau} \right)}{\sum_{j=1}^n k \left(\frac{s - s_j}{\tau} \right)}$$

Após a geração da grade, utiliza-se o fatiamento para gerar uma imagem temática e observar a variação. Pode-se, também, observar gerando uma imagem e, de posse de uma imagem podem-se utilizar as ferramentas disponíveis na imagem para fatiar, ou realizar qualquer outro processo disponível para imagens.

3.2.2.3 Análise de associação espacial

A partir da análise da distribuição de pontos, parte-se para a análise de autocorrelação espacial. No SPRING 3.4 esta função, pela metodologia que foi implementada, que permite ao usuário realizar algumas técnicas de análise exploratória em dados espacial, desde que pertençam à categoria *Cadastro*, pois torna-se necessário a existência de geo-objetos do tipo área, ou seja, que os atributos do elemento espacial de natureza areal, cuja representação seja um polígono, sejam armazenados em uma tabela. Essa função dá, como resultado, índices de associação espacial e algumas possibilidades de sua visualização, permitindo a identificação de agrupamentos espaciais, casos atípicos e diferentes regimes espaciais existentes no plano de informação.

A função foi implementada com base, direta e indiretamente, no índice de Moran local e global. As técnicas, combinadas com funções de visualização de atributos de objetos, formam um conjunto de ferramentas para a análise exploratória. Assim, é possível gerar, através deste processamento, as seguintes informações: Índice de Moran - I'Moran; Índice Local de Associação Espacial (LISA); Gráfico de Espalhamento de Moran; Mapa de barras Z x WZ ; Box map; Lisa map; e Moran map. Assim, após o término do processamento, ter-se-ão acrescentado à tabela de objetos originais sete novas colunas, as quais podem ser visualizadas independentemente, representando diferentes níveis de informações de correlação espacial.

4 PROCEDIMENTOS

Inicialmente, montou-se um Sistema de Informações Geográficas, utilizando-se, como base cartográfica, o mapa digital de Feira de Santana, elaborado pelo Núcleo de Sensoriamento Remoto da UEFS. Essa base digital, inicialmente disponibilizada em *.DXF, foi importada para o SPRING 3.3, para a montagem do SIG (Figura 02). Não se encontrou dificuldade nessa fase de importação, posto que os dados em *.DXF eram oriundos de dados coletados por GPS, utilizando-se como elipsóide de referência o SAD69, com sistema de coordenadas UTM.

Criaram-se três planos temáticos: (a) o sistema viário e quadras, para localização; (b) a divisão dos setores censitários, identificados como em polígonos, cujas informações referentes foram fornecidas pelo IBGE, com as áreas utilizadas no censo de 1991; (c) distribuição de pontos, por diferentes classes de doenças. Criou-se um plano cadastral, no qual foram inseridas 65 colunas, correspondentes às variáveis socioeconômicas, a saber: Localização do imóvel (6); Abastecimento de água (6); Instalações sanitárias (14); Condição da ocupação (5); Destino do lixo (7); Número médio de cômodos (5); Moradores (4); Anos de estudo do chefe do domicílio (6); Rendimento médio mensal (11).

Realizou-se a distribuição espacial de cinco doenças endêmicas: dengue, diarreia, tuberculose, D.S.T. – doenças sexualmente transmissíveis e calazar, cada uma representada em planos específicos, numa categoria temática “ Doenças” (Tabela 1). A escolha dessas doenças decorre de que a prevalência delas está associada à falta de políticas voltadas para o atendimento de necessidades básicas da população, o que retrata as precárias condições sanitárias e educacionais das periferias dos países em desenvolvimento.

Tabela 1

Doença	Ocorrência
Calazar	02
Dengue	20
Diarréia	14
DST	64
Tuberculose	13
Total	113

Fonte: Departamento de Saúde/UEFS

<http://www.uefs.br/uefs/saude/campolimpol/doencas.htm>

Ao todo, os casos registrados pelos agentes comunitários de saúde perfazem um total de 113 eventos numa área de, aproximadamente, 3km² .

Em seguida, foi realizada uma série de análises, baseadas na Estatística Espacial, para a distribuição das doenças, buscando-se avaliar o potencial de ocorrer “clusters” (agrupamentos).

Inicialmente, efetuaram-se diversas análises exploratórias, destacando-se a Análise Univariada de Pontos, alterando diferentes combinações possíveis, de raio e alcance, com e sem simulação e analisando resultados (Figuras 4, 5, 6 e 7). A partir daí, realizou-se o estimador de densidade do kernel, para geração de grade e imagem, para visualização dos *clusters* mais característicos (Figuras 8, 9, 10 e 11).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nosso interesse primário, ao analisar os padrões de distribuição de pontos, é determinar se os eventos observados exibem algum padrão sistemático, ao invés de estarem distribuídos aleatoriamente. Busca-se detectar a existência de padrões de aglomerados espaciais (cluster), pela constatação de um número acima do esperado de casos excessivamente próximos. Tomamos como referência uma distribuição estocástica, que serve de base para a construção de uma hipótese de aleatoriedade. No caso de pontos, é usual se utilizar a distribuição de Poisson. Em outras palavras, se o padrão de distribuição pontual de um fenômeno desviar-se significativamente do padrão gerado por uma distribuição de Poisson, é provável que ocorram aglomerados espaciais (clusters), os quais indicam um comportamento significativo na distribuição dos padrões e que merecem ser objeto de maior análise.

O objetivo básico da análise de padrões pontuais é verificar se os eventos observados em uma dada região de estudo apresentam comportamento sistemático como, por exemplo, agrupamento, regularidade ou aleatoriedade.

As figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam gráficos de distribuição cumulativa versus distância. Na Figura 4, verifica-se que a curva do gráfico tem um crescimento acentuado para distâncias até 304m para depois se estabilizar, significando interação entre os eventos e agrupamento nessa faixa de distância.

Na Figura 5, verifica-se que a curva do gráfico cresce no início, estabilizando-se em dois intervalos: nas distâncias 206m a 304m e 353m a 402m. Esse comportamento demonstra uma pequena interação entre os eventos, e, dessa forma, significa não haver uma agregação da doença (Diarréia) que está distribuída por todo o espaço, o que pode indicar a falta de saneamento básico e de higiene da população.

Na Figura 6, podemos constatar que a curva do gráfico cresce rapidamente, no início, para distâncias até 465m, e, logo após, estabiliza-se, significando existência de *clusters* (agrupamento), o que evidencia um número expressivo de ocorrências de eventos em uma determinada área.

Na Figura 7, verifica-se que a curva cresce lentamente, significando a repulsão entre os eventos, indicando regularidade na distribuição para as distâncias analisadas. Constata-se que esse padrão é presente em toda a área, por ser uma doença causada por um agente etiológico que aumenta sua incidência em lugares com falta de saneamento básico.

O método do vizinho mais próximo é um exemplo de procedimento que considera a relação de distância entre a ocorrência dos eventos em determinada área, verifica-se o grau de dependência espacial em um padrão de pontos, observando-se o comportamento da distribuição acumulada dessas distâncias.

Nas Figuras 8 e 10, apresenta-se a geração de grades retangulares para obtenção de imagens, a partir de informações contidas nas isolinhas ou nos pontos amostrados, que representam, de maneira mais fiel possível, a superfície. A grade retangular é um modelo digital que aproxima superfícies, através de um poliedro de faces retangulares, sendo os vértices desses poliedros os próprios pontos amostrados, visto que os dados amostrados não são obtidos com espaçamentos regulares.

Nas figuras 9 e 11, temos a imagem gerada a partir da grade retangular através do estimador de densidade por kernel das doenças Dengue e Tuberculose. Pode-se observar a área de ocorrência do evento, trata-se do raio de uma superfície centrada no ponto de estimação que indica quantos eventos contribuem para a estimativa da função intensidade. O estimador de densidade é muito útil para fornecer uma visão geral da

distribuição de primeira ordem dos eventos, por se tratar de um indicador de fácil uso e interpretação.

A superfície interpolada na Figura 10 mostra um padrão de distribuição de pontos com uma forte incidência na área de estudo. O espaçamento da grade, ou seja, a resolução em x e y , deve ser idealmente menor ou igual à menor distância entre duas amostras em cotas diferentes. Uma vez definida a resolução e, conseqüentemente, as coordenadas de cada ponto de grade, aplicou-se o método de interpolação. Na Figura 11, observa-se que a superfície interpolada apresenta concentração em determinados pontos em que a função é aplicada a cada ponto da região que irão contribuir para a estimativa de densidade.

Assim, o estimador de densidade torna-se útil para fornecer uma visão geral da distribuição das ocorrências no espaço.

6 CONCLUSÕES

Observa-se que, em alguns casos, a largura da banda é considerada igual no numerador e no denominador. Caso o usuário pretenda utilizar bandas diferentes, deve-se evitar escolher largura de bandas para o denominador mais estreitas do que a do denominador. Esse cuidado evita variações inaceitáveis no cálculo da razão.

Como se observa, existem várias operações que podem ser utilizadas nesse aplicativo e deve-se ter algum cuidado na sua utilização, pois permite que se trabalhe com vários modelos de dados. O usuário deve se preocupar em escolher se quer trabalhar com atributos ou não, deve saber se quer trabalhar com área ou pontos, pois, no caso de área, o programa vai precisar calcular os centróides.

As técnicas apresentadas neste trabalho são úteis para estimar variações, mostrando padrões e tendências espaciais, sendo importante explorar a dependência espacial, mostrando como estão correlacionadas no espaço.

Conhecer as condições de vida e de saúde de uma população é indispensável para o planejamento da oferta de serviços e para a avaliação do impacto das ações de saúde.

A análise espacial urbana tem contribuído para subsidiar a tomada de decisões para um melhor planejamento urbano e a consequente intervenção no espaço e na definição de políticas que regulem o uso e a ocupação desses espaços nas diversas áreas, em especial na área de saúde.

Assim, devido à facilidade de análise e visualização a partir de produtos, imagens e mapas, gerados por tecnologias afins, pode-se destacar que uma das grandes capacidades de análise de dados georeferenciados é a sua manipulação para produzir novas informações que contribuam para uma melhor gestão das políticas públicas.

A identificação de áreas de risco e de seus fatores condicionantes é fundamental para o controle eficiente da manifestação das doenças em estudo neste trabalho.

As relações entre a saúde e o ambiente podem ser evidenciadas por meio da análise de características epidemiológicas das áreas próximas às contaminadas e pela caracterização das condições de vida, sejam elas comportamentais, educacionais e socioeconômicas.

O planejamento e as ações continuadas por intermédio de programas de saúde, da análise do contexto socioeconômico e da intervenção das demais atividades essenciais à população são melhor auxiliadas pela incorporação da distribuição espacial de eventos, pois a análise espacial é um dos aspectos mais importantes nos processos de criação de informação com o recurso de tecnologias de Geoprocessamento.

7 REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. "Exploratory spatial data analysis in a geocomputational environment". In: LONGLEY, P.A. **Geocomputation: a primer**. London, Macmillan, p.77-94. (1998).

ANSELIN, LUC. "Interactive techniques and Exploratory Spatial Data Analysis". In: P. LONGLEY, P. et. al., **Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications**. Cambridge: Geoinformation International, (1999).

BAILEY, T.C., GATRELL, A.C., **Interactive spatial data analysis**. Essex, Longman Scientific & Technical, 1995.

BARCELLOS, C. & PINA, M. de F., Análise de risco em saúde utilizando gis: o caso do Abastecimento de Água no Rio de Janeiro, **Revista Fator Gis**, São Paulo: maio/1998.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Programa Agentes Comunitários de Saúde**, Boletim, maio/1997.

CAMARA, G.; MONTEIRO, A.M. Conceitos básicos em geoprocessamento. In. **Geoprocessamento: teoria e aplicação (livro on-line)**. São José dos Campos: INEP, 1999.

CÂMARA, G.M, A.M. Conceitos de análise espacial. In. **GEOPROCESSAMENTO: teoria e aplicação (livro on-line)**. São José dos Campos: INEP, 1999

CAMARA, G.; et al. Estatística espacial. In. **GEOPROCESSAMENTO: teoria e aplicação (livro on-line)**. São José dos Campos: INPE, 1999

CARVALHO, M. S., CRUZ, O. G., NOBRE, F. F. "Fuzzy classification applied to modeling socioeconomic profiles for spatial health analysis." In: **Proceedings of the EIS'98 - International ICSC Symposium on ENGINEERING OF INTELLIGENT SYSTEMS**, Tenerife, CD-ROM, paper number 812-170. 1998.

CARVALHO, M.S. Aplicação de Métodos de Análise Espacial na Caracterização de Áreas de Risco à Saúde. **Tese de Doutorado em Engenharia Biomédica**, COPPE/UFRJ. (Disponível em: <www.procc.fiocruz.br/~marilia>). Acesso em 16 jan.2001.

CRESSIE, N. **Statistics for Spatial Data**. Chichester: John Wiley. 1991.

DPI/INPE. **Tutorial do SPRING**. São José dos Campos: INPE, 1998.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, **Using Arc View GIS, Manual**, 1996. 350p.

FRANCELINO, M.R.; ROLIM NETO, F.C; FRANCELINO, K.A.R; RIBEIRO, C.A.A.S. **Utilização de um SIG no Programa Agentes Comunitários de Saúde no Município de Viçosa/MG**. Disponível em: www.fatorgis.com.br (abril/98). Acessado em 03 de jan. 2001.

HAINING, R.P. **Spatial data analysis in the social and environmental sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

HERBERT, D. T. The British experience. In GEORGES-ABEYIE, D. E.; HARRIES, K. D. (Ed.), **Crime: a Spatial Perspective**, Columbia University Press. 1980.

KUBOTA, M., Saúde para as cidades – geoprocessamento na saúde pública, **Revista Fator Gis**, São Paulo, n.18 – mar./abr. 1997.

LONGLEY, P. A. et al. **Geocomputation: a primer**. Chichester, John Wiley. 1998.

MARTIN, D. **Geographic information systems: socioeconomic applications**. 2 ed., London: Routledge, 1995.

MARTIN, D. An assessment of surface and zonal models of population International **Journal of Geographical Information Systems** n.10, p.973-989, 1996.

MARTIN, D. “Optimizing census geography: the separation of collection and output geographies.” **International Journal of Geographical Information Science** n.12, p.673-685, 1998.

MEDRONHO, R. **Geoprocessamento e saúde: nova abordagem em doença e saúde no espaço**. São Paulo: ENSP/Fiocruz, 1993.

MINAYO, M.C.; D’ELIA, J.C.; SVITONE, E.; **Programas agentes de saúde no Ceará: estudo de caso**, UNICEF, Fortaleza, 1990. 60p.

SANTOS, S. M., et al. “Distribuição espacial das mortes violentas em Porto Alegre-RS, 1996”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EPIDEMIOLOGIA, 4., 1998, Rio de Janeiro. **Livro de Resumos**. Rio de Janeiro, 1998.

SANTOS, M.S. “**Análise da distribuição espacial dos homicídios no ano de 1996 em Porto Alegre/RS**”. 1999. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia), Escola Nacional de Saúde Pública, 1999.

TINKLER, K. J. Statistical analysis of tectonic patterns in areal volcanism: the Bunyaruguru volcanic field in west Uganda, **Mathematical Geology** n.3, p.335-355, 1971.

VASCONCELOS, M.M.; NOBRE, F.F. **Modelos de localização e GIS na assistência Materna**. Disponível em: <www.fatorgis.com.br>. Acesso em 27 dez. 2000.



Figura 2 - Distribuição de eventos: Dengue. Fonte: DSAU/UEFS



Figura 3 - Distribuição de eventos: DST. Fonte: DSAU/UEFS

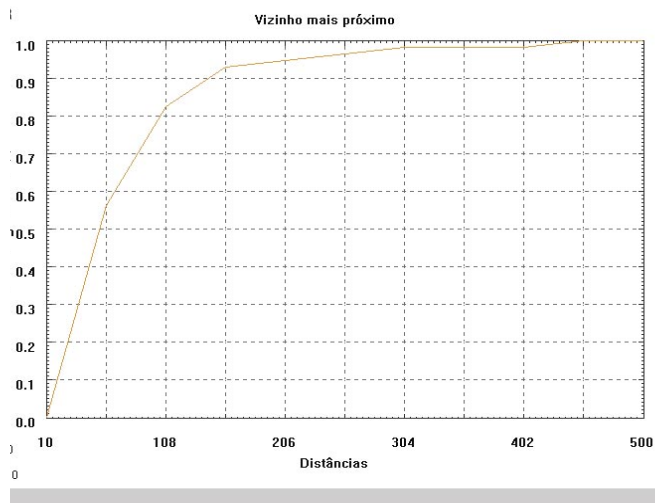


Figura 4 - Análise univariada de pontos . Doença: CALAZAR, através do método do vizinho mais próximo, sendo Dmax= 500m; Dmin= 50m; t = 10m

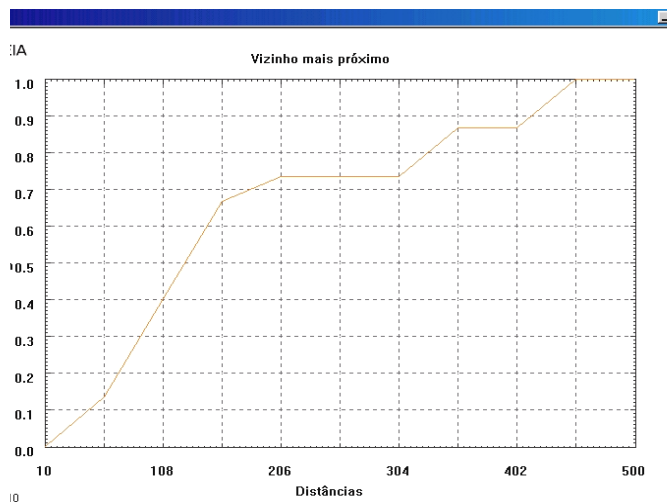


Figura 5 - Análise univariada de pontos . Doença: DIARRÉIA, através do método do vizinho mais próximo, sendo Dmax= 500m; Dmin= 10m; t = 10m

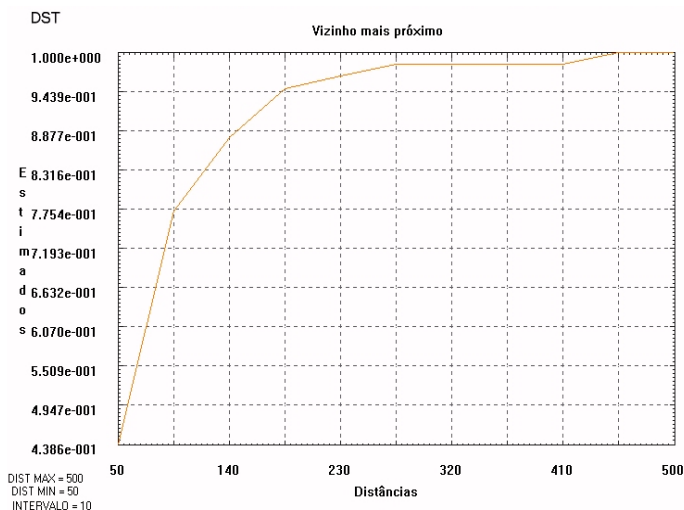


Figura 6 - Análise univariada de pontos . Doença: DIARRÉIA, através do método do vizinho mais próximo, sendo Dmax= 500; Dmin= 50; t = 10

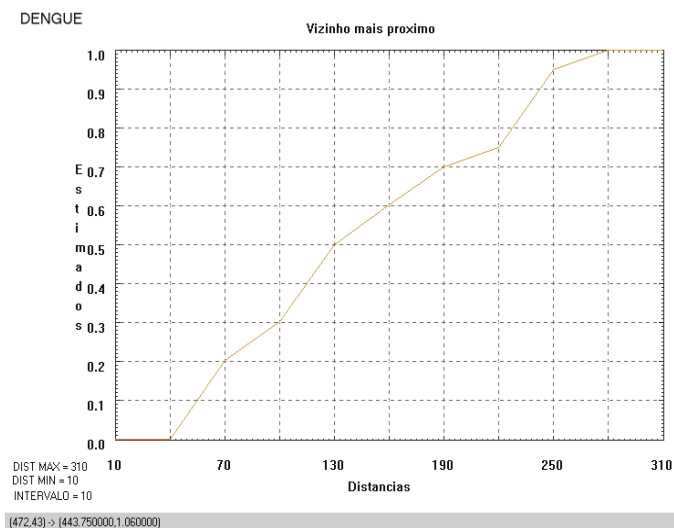


Figura 7- Análise univariada de pontos . Doença: DENGUE, através do método do vizinho mais próximo, sendo Dmax= 310; Dmin= 10; t = 10

Figura 8 - Geração de grade retangular para obtenção de imagem, a partir do estimador de densidade por Kernel. Doença: DENGUE

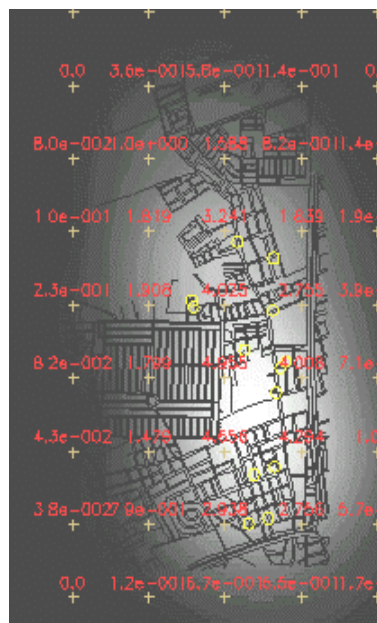


Figura 9 - Imagem gerada a partir da grade retangular. Doença: DENGUE

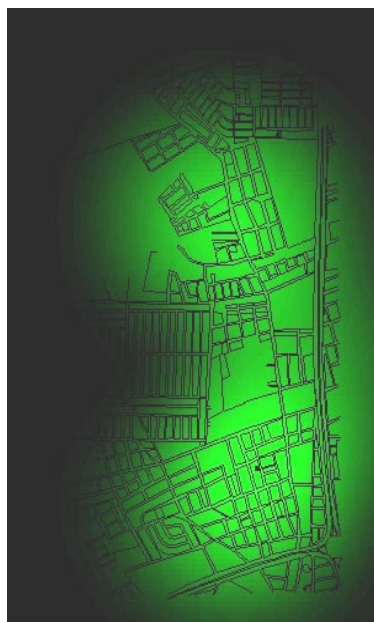


Figura 10 - Geração de grade retangular para obtenção de imagem, a partir do estimador de densidade por Kernel. Doença: TUBERCULOSE

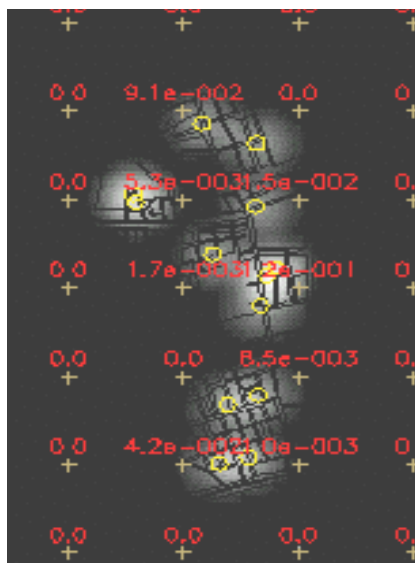


Figura 11 - Imagem gerada a partir da grade retangular. Doença: TUBERCULOSE

