

# ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS DE SAÚDE PÚBLICA

Márcia Pontes Cavalcanti Borges<sup>1</sup> Ronei Marcos de Moraes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NETEB - Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Caixa Postal 5095, CEP: 58051-970, João Pessoa-PB, Brasil

clomarb@zaz.com.br

<sup>2</sup>Departamento de Estatística - Universidade Federal da Paraíba - Campus I - João Pessoa-PB, Brasil

ronei@de.ufpb.br

## RESUMO

Este artigo apresenta a modelagem de dados municipais de saúde do Estado da Paraíba, correspondentes aos anos de 1998 e 1999. Os dados de saúde (número de leitos hospitalares, quantidade de internações hospitalares, recursos do Sistema Único de Saúde (SUS), atendimentos ambulatoriais e população) foram incorporados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para geração do banco de dados geográficos. Foram aplicadas as técnicas de consultas cruzadas ao banco de dados, classificação multivariada e análise de regressão linear múltipla, com o objetivo de modelar os recursos do SUS destinados aos municípios. Os dados foram agrupados por uma classificação hierárquica em 7 grupos que foram modelados pela análise de regressão. Na análise espacial, os resultados obtidos evidenciaram tendências espaciais sobre as variáveis estudadas. A metodologia apresentada é eficaz para dados de saúde pública e pode ser aplicada para análises em contextos similares.

**Palavras chave:** *sistema de informação geográfica, análise espacial, saúde pública.*

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia do geoprocessamento vem sendo amplamente difundida e implementada à nível mundial [2]. Em sua aplicação são utilizadas técnicas matemáticas, estatísticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Este contexto envolve principalmente a interdisciplinariedade das mais diversas áreas do conhecimento humano, como: Cartografia, Meio-Ambiente, Educação, Saúde, Marketing, entre outras [3]. Os produtos computacionais desta tecnologia são sistemas capazes de capturar, modelar, manipular, recuperar, analisar e apresentar dados referenciados geograficamente, denominados genericamente de Sistemas de Informação Geográfica - SIG [13].

Em SIG os dados são referenciados geograficamente e associados à imagens ou mapas para compor conjuntos de planos de informação, os quais formam os bancos de dados geográficos. A visualização de um padrão espacial proporciona uma alternativa melhor de se resolver problemas relacionados a quaisquer aplicações que envolvam uma localização geográfica [1]. A importância de separar informações

específicas em planos de informação distintos e posteriormente combiná-las entre si é a razão pela qual o SIG oferece grande potencial como ferramenta de pesquisa de apoio à tomada de decisão.

Uma das aplicações mais importantes do geoprocessamento diz respeito à relação ambiente e saúde. O objetivo dessas aplicações é a viabilização do desenvolvimento de técnicas de análise onde a localização geográfica é fator fundamental na determinação de situação de saúde[4]. O estudo de ocorrência de doenças a partir de sua localização espacial é bastante difundido, principalmente quando as possíveis causas estão relacionadas a ambiente, utilização de serviços de saúde ou análise comportamental dos usuários [12].

Publicações recentes vêm resgatando um tipo clássico de análise espacial que é a investigação em epidemiologia, onde a ênfase está nas doenças da população e não do indivíduo e a pergunta que se deseja responder não é sobre as causas dos casos de doenças, mas sobre as causas da incidência da doença [11].

No Brasil há várias instituições que já trabalham e realizam pesquisas nas áreas de geoprocessamento e saúde. Como exemplo de algumas aplicações temos: o trabalho sobre o planejamento e implementação de uma base de dados contendo informações sobre lactentes [8] e obtém índices antropomédicos que são representados geograficamente; no trabalho que envolve o estudo das variações espaciais das doenças (mortalidade e morbidade) em áreas pequenas [10], com o uso da análise de agrupamento foram observadas através da distribuição espacial dos dados, zonas homogêneas de risco; e no trabalho que estuda a distribuição da mortalidade por homicídios e acidentes com veículos a motor [5], utilizou-se de diversas técnicas exploratórias de análise espacial em que pôde-se formular vários novos enfoques sobre o tema estudado.

O nosso trabalho envolve dados específicos de saúde pública por município no estado da Paraíba, sendo estes dados bastante heterogêneos quanto a sua variabilidade. Por este motivo, não foi possível aplicar a mesma metodologia encontrada nas mais diversas publicações pesquisadas.

## 2. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é modelar os recursos do Sistema Único de Saúde brasileiro - SUS - destinados aos municípios, no período correspondente aos anos de 1998 e 1999, em relação às variáveis de saúde, leitos e internações hospitalares, produção ambulatorial e

população, a partir de dados oficiais do próprio SUS. Como notamos a grande heterogeneidade de valores entre os municípios, utilizamos uma classificação hierárquica no sentido de agrupar municípios com características semelhantes.

Nosso objetivo é modelar os grupos homogêneos de municípios em separado, visando uma melhor qualidade explicativa desses modelos.

A partir de ferramentas lógicas de análise exploratória, utilizamos neste trabalho consultas simples e agrupamentos lógicos de variáveis (ou consultas cruzadas). Tais funções utilizam os atributos espaciais e não espaciais das entidades buscando fazer modelos sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros [9].

As consultas simples baseiam-se na seleção de uma variável do banco de dados, aplicação de expressões lógicas sobre esta variável para se obter a geração de mapas e realizar a visualização no espaço da distribuição da variável.

Nas consultas cruzadas são utilizadas expressões lógicas sobre variáveis para haver o cruzamento destas informações e então gerar o mapa deste agrupamento.

Outra técnica utilizada foi a classificação hierárquica que é um método de análise de agrupamento que realiza uma série de fusões ou divisões sucessivas do conjunto de objetos. Os objetos mais semelhantes agrupam-se primeiro e estes grupos iniciais vão sendo fundidos em novos grupos e ao final em um único agrupamento. O processo de divisões é feito de maneira oposta [7]. Esta classificação pode ser exibida na forma de um diagrama bidimensional, conhecido como “dendograma”, como mostra a Fig. 1.

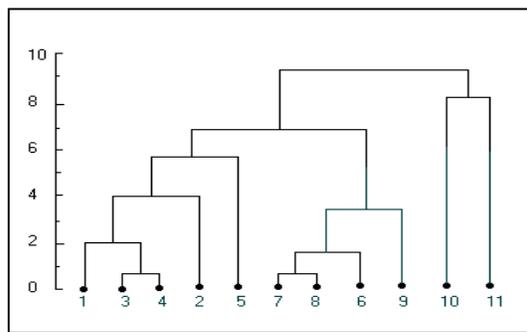


Fig. 1. Dendograma.

No eixo horizontal encontram-se os objetos, neste caso são representados pelos municípios e no eixo vertical estão as distâncias dos centros dos agrupamentos [7].

O método de agrupamento utilizado aqui é o método de ligação por distância média entre os grupos mensurada pela distância euclidiana ao quadrado:  $d_{ij} = \{\sum (X_i - X_j)^2\}$  para  $i \neq j$ , ou seja, a distância ente dois grupos distintos é a distância média entre todos os pares de pontos destes grupos. A partir de um conjunto de variáveis aplicamos a análise de regressão estatística para podermos examinar os efeitos que algumas variáveis mostram (ou parecem mostrar) em relação à outras, ou seja, a existência de um relacionamento entre as variáveis. As técnicas para análise de dados que envolvem o tratamento de diversas variáveis, são fornecidas pela regressão linear multivariada [6]. Procedemos transformações em algumas variáveis buscando uma melhoria da qualidade do modelo para cada agrupamento. Algumas destas obtiveram um melhor resultado com a transformação da raiz quadrada enquanto que outras com o logaritmo neperiano, visando obter no erro residual uma distribuição aproximadamente normal.

Foi calculada e incluída a variável distância de cada um dos 223 municípios do Estado da Paraíba para o município mais próximo do estado que possuísse uma melhor estrutura de saúde pública. Do ponto de vista da Análise Espacial, isto é uma suposição natural, pois espera-se que haja uma influencia dos fatores geográficos sobre as variáveis analisadas.

### 3. RESULTADOS

Pelo dendograma gerado, obteve-se classes de agrupamento de municípios. Foi realizado um corte em sete classes de agrupamentos, pois para um nível maior de classes surgem grupos compostos de um município apenas.

Foram gerados mapas através de consultas lógicas com a utilização de uma variável bem como através do cruzamento de variáveis. Através da visualização dos dados foram observadas certas tendências espaciais em torno das regiões do Estado. Para melhor esclarecer a análise espacial realizada, a Fig. 2 mostra um mapa com as meso e micro regiões do Estado, bem como suas principais rodovias.

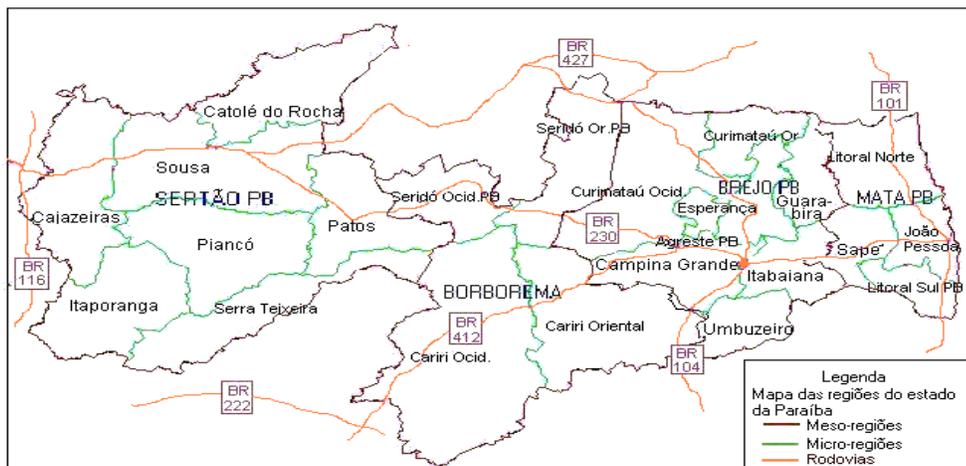


Fig. 2. Mapa das meso e micro regiões do Estado da Paraíba e suas principais rodovias.

A Fig. 3 mostra o mapa da variável “leitos hospitalares” correspondendo ao final do período estudado, dezembro de 1999, apresentando tendências dos maiores centros hospitalares ao longo da BR-230 e uma certa predominância na meso-região da Mata. A maioria dos municípios que não apresentaram estrutura de atendimento hospitalar está próxima às fronteiras sul e norte do Estado. Esta mesma tendência se repete para internação hospitalar.

Com o objetivo de verificar se há municípios com baixo número de leitos hospitalares e recebem um valor alto de recursos, foi feito o seguinte

cruzamento: número de leitos hospitalares menores ou iguais a 25 e recursos maiores ou iguais a R\$20.000,00, como mostra a Fig. 4

O resultado deste cruzamento apresentou uma maior concentração na meso-região do Brejo. São 37 municípios que se enquadraram nesta consulta, representando 22,5% do total de municípios.

Com o cruzamento da variável recursos e população, para verificar municípios menos populosos recebendo recursos relativamente altos, foram encontrados 33 municípios, representando 42,3% de um total de 78 municípios poucos populosos.

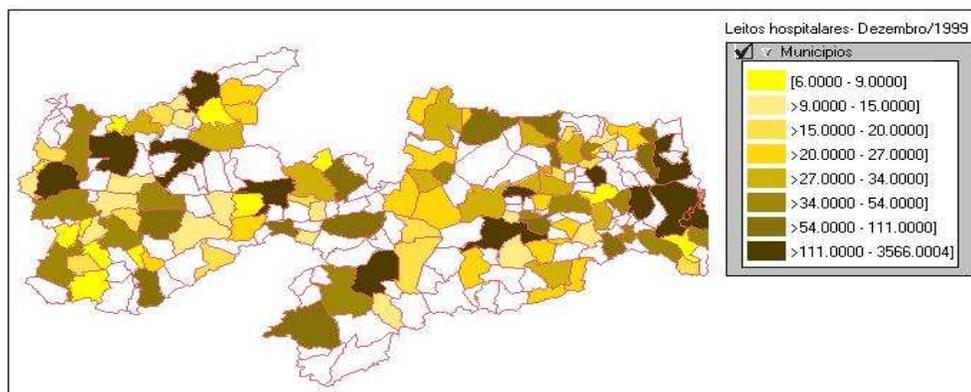


Fig. 3. Mapa do Estado da Paraíba de leitos hospitalares referente à dezembro de 1999, selecionados em 8 faixas de grupos de leitos.

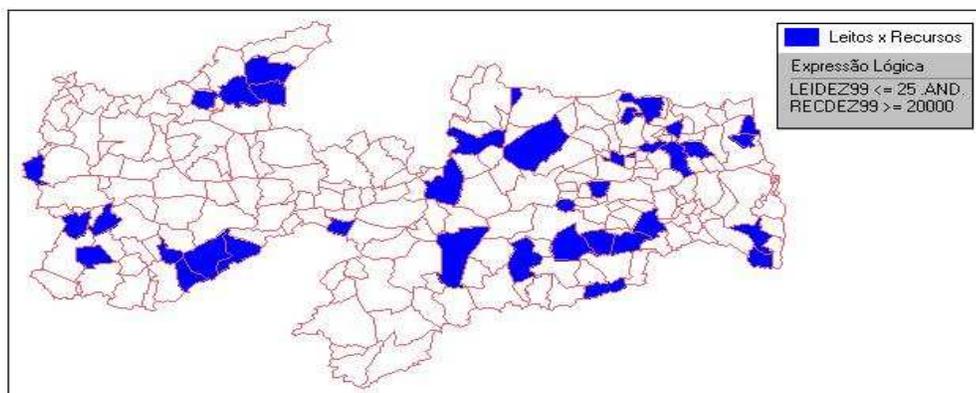


Fig. 4. Mapa de municípios com número baixo de leitos mas valores relativamente altos de recursos

Analogamente cruzando recursos com internações hospitalares foram encontrados 60 municípios correspondendo a 31,7% do total de municípios com baixa incidência de internações.

#### 4. DISCUSSÃO

Foram comprovadas tendências espaciais nos resultados da análise exploratória. Os municípios poucos populosos que receberam recursos relativamente altos provavelmente utilizam parte destes recursos com o deslocamento dos pacientes para municípios vizinhos em busca de melhores atendimentos hospitalares.

Através da análise de regressão linear foram gerados gráficos e tabelas para cada um dos sete agrupamentos. Os modelos estatísticos de cada agrupamento responderam com boa qualidade de ajuste. Em todos os modelos foi rejeitada a hipótese da não existência de regressão, para o nível de 5% de significância adotado. Nos gráficos de ajuste de distribuição normal foram observados a normalidade dos resíduos para todos os agrupamentos.

A variável “produção ambulatorial” dentro de todos os modelos, precisou ser transformada em raiz quadrada porque foi observada uma distribuição assimétrica em seus valores e principalmente porque provocava uma tendência quadrática na análise dos resíduos.

Inicialmente todas as variáveis fizeram parte dos modelos de regressão, porém por não obter um bom resultado a nível de 5% de significância algumas variáveis foram descartadas de alguns modelos dos agrupamentos, resultando em modelos de melhor qualidade.

## 5. CONCLUSÕES

Propomos neste trabalho uma metodologia para a análise espacial de dados de saúde pública, na presença de heterogeneidade nas observações. A metodologia prevê o agrupamento de municípios similares e a modelagem individual de cada grupo.

Foi estudado o caso dos recursos financeiros destinados aos municípios do Estado da Paraíba, no Brasil, a partir de dados coletados junto ao Sistema Único de Saúde brasileiro - SUS. Neste estudo, o método de classificação hierárquica, a partir dos 223 municípios do estado, permitiu a criação de agrupamentos bem definidos, que podem ser considerados diferentes quanto a distribuição de recursos do SUS.

O método de regressão linear múltipla permitiu a caracterização matemática dos recursos destinados pelo SUS para todos os sete grupos de municípios da Paraíba. A variável distância permaneceu no modelo da maioria dos agrupamentos, refletindo a dependência espacial entre os municípios.

As técnicas de análise espacial, consultas simples e consultas cruzadas, proporcionaram as seguintes conclusões espaciais:

Foi constatado que há uma tendência geral tanto dos maiores centros hospitalares quanto de um maior número de atendimentos ambulatoriais estarem mais próximos às rodovias, principalmente a BR-230. Seguindo a mesma tendência dos grandes núcleos populacionais em áreas que margeiam as principais rodovias. Analogamente, há uma tendência de maior concentração dos municípios com condições mais baixas nas fronteiras do Estado.

Há uma predominância de atendimentos ambulatoriais nas meso-regiões da Mata e do Brejo, a oeste do Sertão e ao longo da BR-421. A variável “recursos” segue praticamente esta mesma tendência.

Comprovamos a existência de municípios de pequeno porte que recebem recursos relativamente altos. Apesar de representarem uma pequena parcela, correspondendo apenas a 14,7% do total geral de municípios, apresentam um percentual de 42,3 % em relação ao total de municípios deste porte. Há uma maior incidência destes municípios na região central do estado, compreendendo a maior parte da meso-região da Borborema.

A maioria desses municípios não possui atendimento hospitalar, o que aparentemente justifica que os recursos mencionados seriam referentes às despesas com o envio de pacientes para centros maiores e possivelmente mais próximos. Especialmente estes municípios se encontram em maior concentração na região central do estado.

Existe um mesmo comportamento das variáveis “recursos” e “produção ambulatorial”, uma vez que o município apresentando “produção ambulatorial” deve receber recursos para tal atividade. Portanto essas variáveis apresentam tendências espaciais semelhantes, com uma maior incidência leste e a oeste do Estado, bem como ao longo da BR-412.

Constatamos que 189 municípios apresentam um número abaixo de 100 internações mensais, desses municípios, 31,7% recebem recursos relativamente altos e estão em maior concentração na meso-região do Brejo, nas fronteiras da meso-região do Sertão e na micro-região do Litoral Sul.

É importante ressaltar ainda que a espacialização dos dados favorece a certas conclusões que não seriam possíveis ou bem mais dificultosas sem o auxílio da análise espacial.

Por fim, deve-se ressaltar que a metodologia descrita neste trabalho pode ser aplicada a outros contextos espaciais similares ao estudo de caso realizado sobre os dados do Estado da Paraíba.

## REFERÊNCIAS

- [1] P. A. Burrough, “Principles of geographic information systems for land resources assessment. Oxford, Clarendon, 193 p., 1986.
- [2] G. Câmara, “Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Banco de Dados Geográficos”. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1995.
- [3] G. Câmara, J. S. Medeiros, A. M. V. Monteiro, “Geoprocessamento para projetos ambientais”. Cap. 23, livro On-line, Geoprocessamento: Teoria e Aplicações, INPE, 1999.
- [4] M. S. Carvalho, “Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco à saúde. Tese de Doutorado em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ, Maio de 1997.
- [5] M. S. Carvalho, O. G. Cruz, “Mortalidade Por Causas Externas, Análise Exploratória Espacial Região Sudeste do Brasil”. Anais do XIº Encontro Nacional de Estudos populacionais, Caxambu, 19 a 23 de Outubro de 1998.
- [6] N. R. Draper, H. Smith, “Applied Regression Analysis”. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1981
- [7] R. A. Johnson, D. W. Wichern, “Applied Multivariate Statistical Analysis”. 3ª ed., New Jersey: Prentice Hall, 1992.
- [8] H. J. Matos, “Um Sistema de Informações Geográficas para Vigilância Nutricional em Atenção Primária à Saúde”. Dissertação de mestrado em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ, Maio de 1992.
- [9] NETGIS, “Spring 3.0 – Manual do Usuário”. São José dos Campos, Junho de 1998.
- [10] P. D. Rodriguez, “Variações Espaciais de Fatores de Risco em Saúde em Áreas Geográficas Pequenas”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ, Junho de 1996.
- [11] G. Rose, “Indivíduos Enfermos y Poblaciones Enfermas”. Boletim Epidemiológico OPAS, v.6,n.3,pp.1-8, 1985.
- [12] R. J. Stimson, “Spatial aspects of epidemiological phenomena and of the provision and utilization of health care services in Australia: a review of methodological problems and empirical analysis”. Environment and Planning A, v.12,pp.881-907, 1980.
- [13] M. F. Worboys, “GIS: A computing perspective”. London: Taylor and Francis. 1995.