

UM SISTEMA PARA ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS ANESBRA-ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS BRASILEIROS¹

Paulo Fernando Braga Carvalho²
Lúcio Mauro Pereira³
Bruno Barreto Fernandes⁴
Daniilo Barbosa Viotti⁵
Douglas de Lacerda Alves⁶

1- Introdução

O sistema ANESBRA-Análise Espacial de Dados Brasileiros é resultado de uma proposta de desenvolvimento de protótipo que auxilie os interessados na Análise Espacial de dados relativos às unidades espaciais básicas representadas pelas Unidades da Federação ou Mesorregiões brasileiras ou Microrregiões do estado de Minas Gerais e está definido por duas componentes: uma de execução via *Web* e outra local.

Na busca por alternativas que proporcionassem boas análises de dados espaciais os autores deste trabalho se depararam com o interessante software *Gapminder*⁷, desenvolvido originalmente em Estocolmo, Suécia, em 2005, pela *Foundation at Stockholm County Administration Board* (Em 2007, a Google adquiriu seus direitos e recrutou a equipe responsável pelo desenvolvimento).

No *Gapminder* são disponibilizados dados para países de todos os continentes, mas este software não permite a inserção de unidades menores que o país, a menos que haja solicitação formal e a equipe de desenvolvimento considere relevante. Mas, até o momento, não estão disponíveis divisões do território brasileiro.

Assim, surgiu a proposta de elaboração de um aplicativo WEB, de uso gratuito, aproveitando alguns recursos observados no *Gapminder* e inserindo outros extraídos da Estatística Espacial, com a incorporação de cálculo e apresentação de centroides, distância padrão, gráfico triangular, etc., mas para o Brasil, tomando como unidades espaciais básicas algumas de suas subdivisões como Unidades da Federação, mesorregiões e para as microrregiões do estado de Minas Gerais. O sistema ANESBRA representa um primeiro esforço de adaptação de recursos do *Gapminder*.

¹ Projeto de Pesquisa apresentado ao MCT/CNPQ Edital Nº 014/2010–Universal e executado conforme processo Nº 476462/2010-0. Financiamento de bolsistas via PUCMINAS/FIP/FAPEMIG 2011/5979 S1.

² Docente do Departamento de Matemática da PUC Minas. Email: pauloferando@pucminas.br

³ Docente do Departamento de Computação da PUC Minas. Email: lucio@pucminas.br

⁴ Docente do Departamento de Computação da PUC Minas. Email: brunobarfer@yahoo.com.br

⁵ Acadêmico do Curso Tecnológico de Jogos Digitais da PUC Minas. dadaulg@gmail.com

⁶ Acadêmico do Curso Tecnológico de Jogos Digitais da PUC Minas.

douglas_ufop@yahoo.com.br

⁷ Disponível em www.gapminder.org

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um aplicativo WEB para apresentação e análise da informação espacial, que tenha como unidades espaciais básicas as Unidades da Federação-UFs e/ou as mesorregiões brasileiras e as microrregiões do estado de Minas Gerais, com uso de ferramentas computacionais livres.

Pode-se observar que alguns recursos não existentes no Gapminder foram acrescentados, como cálculo de centroides, distâncias padrão, retângulos quartílicos e gráfico triangular. Para alguns gráficos, adaptamos recursos do *Google Chart Tools*.

Outra particularidade apresentada, além de tratar especificamente do território brasileiro, é permitir que o usuário possa inserir livremente suas próprias variáveis, desde que respeitadas as unidades básicas adotadas adequando-o a sua área de interesse.

Nos meses finais de desenvolvimento deste trabalho, descobrimos uma nova possibilidade de abordagem do objetivo proposto, adotando a linguagem R com o pacote *shiny*. Todo o trabalho computacional está sendo refeito e tendo novas funcionalidades acrescentadas. Com certeza a nova versão, prevista para o segundo semestre de 2013, estará com interface mais limpa e simples de usar.

2- Análise Espacial e Dado Espacial

A Análise Espacial nos permite ir além dos mapas, e estabelecer uma quantificação explícita da variabilidade espacial dos fenômenos em estudo. Para tanto, é preciso modelar a distribuição do relacionamento entre os dados, por meio de técnicas de Estatística Espacial. Com isto, pode-se ter maior grau de confiabilidade nas investigações e no entendimento dos problemas de gestão dos recursos naturais e socioeconômicos.

Uma definição básica de dado espacial é aquela em que os seus elementos ficam definidos pela localização espacial, fornecida pelas componentes x e y, relacionadas a algum sistema de coordenadas, e pela componente z, denominada atributo, que pode representar número de habitantes, temperatura, altitude, Produto Interno Bruto, saldo migratório, número de imigrantes ou emigrantes, etc. Outra importante componente do dado espacial, a quarta, é a que traz a grandeza temporal, ou seja, o período a que se refere o dado.

Um exemplo de uso de dado espacial pode ser observado nos estudos relacionados à saúde, em particular, à epidemiologia. Para determinar as ações profiláticas ou corretivas que o gestor da saúde deve promover, a identificação dos locais de registros da doença em estudo ou da presença do vetor causador pode ser

<http://www.enanpege.ggf.br>

relevante. Em uma situação hipotética, um quarteirão será identificado por sua localização, seus limites, seu centro médio, etc. e o número de casos registrados, ou seja, o atributo. E, ainda, pensando na avaliação e acompanhamento das ações tomadas, o registro do momento (componente temporal do dado espacial) também pode ser significativa.

O que temos visto nos meios acadêmico e profissional, é o uso de sistemas geográficos para produção de belos relatórios e mapas, mas sem a profundidade e critérios adequados à pesquisa. Alguns profissionais recebem, pejorativamente, o título de “cadistas” dada a superficialidade do material produzido e o descompromisso com os fundamentos teóricos que avalizam as análises propostas e escolha de métodos e parâmetros mais apropriados para o estudo.

Em certos momentos, o usuário precisa de uma ferramenta com funções específicas e para unidades espaciais predeterminadas que não justificam o uso de sistemas mais complexos que, sem dúvida, resolveriam seu problema, mas pediriam um esforço que superaria as vantagens alcançadas. É nesta linha que o aplicativo ANESBRA-Análise Espacial de Dados Brasileiros se encontra.

2.3 Estatística Espacial

Nesta parte do trabalho, faz-se a apresentação de algumas medidas estatísticas por padrão de pontos exploradas no aplicativo em desenvolvimento.

2.3.1 Centro Médio

O Centro Médio é o ponto (\bar{x}, \bar{y}) obtido pela interseção das retas perpendiculares entre si, traçadas a partir da localização de \bar{x} , média das abscissas (coordenadas x) e \bar{y} , média das ordenadas (coordenadas y). Este ponto minimiza a soma das distâncias quadráticas a todos os outros pontos do plano. Outra denominação adotada para esse ponto é centroide, mas, vale destacar que alguns autores também adotam o nome centroide para outros pontos de tendência central como o centro mediano e o centro modal.

Ou seja,

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \text{ e } \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

2.3.2 Centro Médio Ponderado

Quando a intensidade com que determinado fenômeno ocorre é relevante para a análise de sua distribuição, determina-se o Centro Médio Ponderado, uma medida

<http://www.enanpege.ggf.br>

muito aplicada nos estudos geográficos. Para o cálculo do Centro Médio Ponderado (CMP), aplica-se o mesmo princípio envolvido na Média Aritmética Ponderada.

Assim, as coordenadas do CMP são obtidas calculando a média ponderada das abscissas e das ordenadas, ou seja:

$$\bar{x}_p = \frac{\sum p_i \cdot x_i}{\sum p_i} \quad \bar{y}_p = \frac{\sum p_i \cdot y_i}{\sum p_i}$$
$$\text{CMP} = (\bar{x}_p, \bar{y}_p)$$

Pontos localizados em posições discrepantes podem atrair para si o Centro Médio ou o Centro Médio Ponderado, mas as maiores intensidades provocam atração apenas na localização do Centro Médio Ponderado.

É interessante acompanhar a evolução da posição do Centro Médio ao longo do tempo. Ao fazer isto é possível acompanhar o deslocamento do centro de equilíbrio da região, o que pode despertar o interesse de aprofundamento nos estudos deste fenômeno, tentando explicar as razões e fazer previsões.

Como exemplo, veja a Figura 1 com os centroides calculados com a variável número de casos de DST_HIV das microrregiões de Minas Gerais, para os anos de 1998 e 2008. É interessante observar a migração do centroide no sentido sudoeste. Algumas questões podem ser levantadas. Esta migração ocorreu por mudança no padrão de distribuição das ocorrências? O serviço de notificação e registro sofreu alterações neste período? Houve campanhas de esclarecimento mais intensas em algumas microrregiões que em outras? O que podemos afirmar é que os centroides das distribuições dos casos estão próximos do centroide do Estado de Minas Gerais.

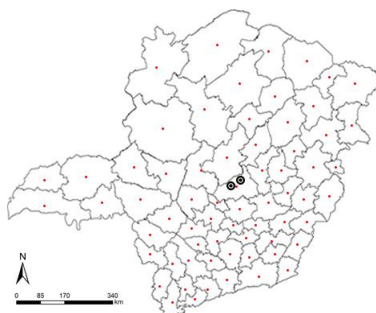


Figura 1: Centroides dos casos de DST_HIV - 1998/2008 Fonte: DATASUS

Veja mais adiante, no exemplo sobre a distância padrão, outros mapas que podem ajudar a responder ou levantar ou novas questões.

2.3.3 Retângulo Quartílico

O retângulo quartílico está diretamente relacionado com a ideia do Percentil. Em especial, aplicam-se os percentis 25 e 75, também denominados quartis 1 e 3.

<http://www.enanpege.ggf.br>

A figura denominada retângulo quartílico é obtida quando é traçado o segmento que divide o conjunto de dados deixando pelo menos 1/4 dos dados abaixo e pelo menos 3/4 acima, ou seja, o segmento que passa pelo P_{25} (Quartil 1) e o segmento que passa pelo P_{75} (Quartil 3), que deixa 3/4 dos dados abaixo e 1/4 acima dele. As interseções destes segmentos delimitarão o Retângulo Quartílico.

Os mapas das Figuras 2 e 3 foram elaborados com dados relativos ao Produto Interno Bruto, a preços correntes, para 1999 e 2009. Observe que os retângulos mostram uma distribuição heterogênea do PIB pelo território brasileiro, estando delimitado principalmente pelos centroides de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Pode-se observar, também, que o retângulo é maior para os dados do ano de 2009, o que indica alguma mudança no perfil de distribuição do PIB. Esta questão deve ser investigada, pois poderia representar o crescimento proporcional de outras Unidades da Federação na participação do PIB total ou mesmo a redução da participação daquelas consideradas fortes.



Figura 2: Retângulo Quartílico referente ao PIB 1999

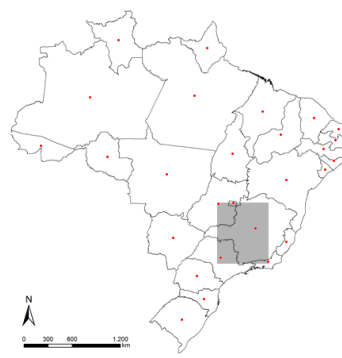


Figura 3: Retângulo Quartílico referente ao PIB 2009

Fonte dos dados: IBGE

2.3.4 Índice de Dispersão

Na tentativa de dar significado para o Retângulo Quartílico, obtido no item anterior, calcula-se o Índice de Dispersão (ID), que indicará a magnitude deste retângulo em relação ao todo.

O índice de dispersão é calculado usando regra de três simples, considerando a área total como o inteiro, o um, o que nos leva à expressão:

$$\therefore \boxed{ID = \frac{A_{RQ}}{A}}$$

Observe que o Índice de Dispersão varia de 0 a 1. O ID será igual a zero se a área do Retângulo Quartílico for igual a zero, o que indica concentração máxima, ou seja, os pontos estão todos sobrepostos. O ID será igual a 1 se a área do Retângulo

Quartilício for igual à área total, o que indica máxima dispersão. O valor 0,25 indica uma distribuição uniforme dos pontos.

Para o exemplo do Produto Interno Bruto, representado graficamente pelos retângulos quartílicos de 1999 e 2009, encontramos $ID_{1999} = 0,03$ e $ID_{2009} = 0,05$. Estes valores, muito próximos de zero, reforçam a interpretação de alta concentração na distribuição do PIB nos dois períodos e uma pequena mudança é sugerida pelo crescimento do índice de dispersão de 1999 para 2009, mas ainda assim reforçando a leitura de distribuição heterogênea.

2.3.5 Distância Padrão

A medida estatística mais importante e mais útil para medir a variação de um conjunto de valores é o Desvio Padrão. Para chegar ao seu conceito, toma-se como referência as diferenças ao quadrado de cada valor em relação à média. Na Estatística Espacial, a Distância Padrão é o seu equivalente.

A Distância Padrão ou Raio Padrão representa a variabilidade de um conjunto de pontos em torno do ponto central, que pode ser o Centro Médio, Centro Médio Ponderado, etc. Porém, trabalhando espacialmente, os pontos podem apresentar valores diversos para as distâncias, mas, com um novo aspecto, esta distância pode estar em todas as direções. Portanto, é necessário pedir ajuda à Geometria, ao usar o conceito de coordenadas retangulares e o teorema de Pitágoras, para determinar uma região circular que represente esta variabilidade do conjunto de pontos em torno do ponto central. Isto é feito ao determinar a distância do ponto P ao Centro Médio de um conjunto de pontos.

$$\text{Distância Padrão} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

Esta fórmula pode ser apresentada de modo simplificado, se aplicadas algumas propriedades matemáticas:

$$\text{Distância Padrão} = \sqrt{\left(\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2\right) + \left(\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2\right)}$$

A Distância Padrão, que possui a mesma unidade de medida utilizada para as coordenadas x e y, representa o raio do círculo centrado no Centro Médio, variando de acordo com a dispersão dos pontos. Para conjuntos de pontos semelhantes, quanto maior o raio maior a dispersão. Observe que cada valor influencia o cálculo desta medida, inclusive os valores extremos, sejam eles superiores ou inferiores. Deve-se <http://www.enanpege.ggf.br>

dedicar atenção especial a este fato, principalmente, porque as distâncias são elevadas ao quadrado.

2.3.6 Distância Padrão Ponderada

Quando existe a preocupação em determinar um ponto de tendência central para um conjunto de pontos, dedica-se atenção especial à intensidade com que determinado fenômeno ocorre em cada ponto do conjunto. Assim chega-se à definição de Centro Médio Ponderado.

De modo semelhante, será feita a definição de Distância Padrão Ponderada (Dpp), que busca transmitir o grau de dispersão dos dados.

Considerando que cada fenômeno ocorre com intensidade p_i num dado ponto (x_i, y_i) , definimos Distância Padrão Ponderada:

$$D_{pp} = \sqrt{\frac{\sum p(x_i - \bar{x}_p)^2}{\sum p} + \frac{\sum p(y_i - \bar{y}_p)^2}{\sum p}}$$

Ou, com aplicação de propriedades matemáticas chegamos à forma simplificada:

$$D_{pp} = \sqrt{\left(\frac{\sum p_i x_i^2}{\sum p_i} - (\bar{x}_p)^2\right) + \left(\frac{\sum p_i y_i^2}{\sum p_i} - (\bar{y}_p)^2\right)}$$

Estas medidas são de grande importância em estudos geográficos, quando se busca analisar a distribuição da ocorrência de determinado fenômeno em alguma região, como a distribuição da ocorrência de determinado crime, da produção agrícola, do atendimento escolar e de saúde, da vegetação, do transporte, dos serviços comerciais, etc.

Retornando ao exemplo da distribuição dos casos de DST_HIV registrados nos anos de 1998 e 2008 no estado de Minas Gerais, podemos observar nas Figuras 4 e 5 que a distância padrão ponderada aumentou em 2008 (observe que o círculo de 2008 é maior que o de 1998). Isto pode sugerir uma distribuição mais homogênea de casos pelo estado.

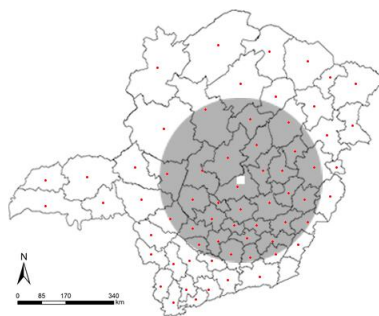


Figura 4: Distância padrão ponderada para os casos de DST_HIV 1998

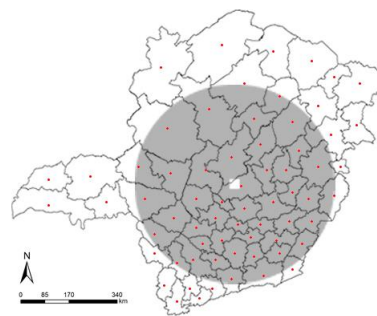


Figura 5: Distância padrão ponderada para os casos de DST_HIV 2008

2.3.7 Dispersão relativa

Uma Distância Padrão de 10 km indica alto grau de dispersão do fenômeno estudado? Depende. Se o referencial for um país inteiro como o Brasil, provavelmente é possível considerá-la muito baixa, mas, se o referencial for uma cidade de porte médio, estes mesmos 10km de Distância Padrão, provavelmente, estarão indicando alto grau de dispersão. Como fazer esta análise sem estar preso exclusivamente a uma interpretação subjetiva?

Para responder a este tipo de questão é dada a definição de Dispersão Relativa (Dr). Com este objetivo, será usada, mais uma vez, uma regra de três simples, buscando determinar qual a representatividade do círculo que ficou definido pela Distância Padrão e pelo ponto de tendência central, em relação ao todo ou em relação à Distância Padrão de algum outro fenômeno já avaliado na mesma região, ou seja, o país, estado, município, bairro, etc estudado.

No primeiro caso, comparando a distância padrão com o todo, é preciso conhecer a área da região estudada e descobrir o raio de uma circunferência com mesma área, o que não é difícil de ser feito.

Exemplificando, podemos determinar o raio de um círculo de área igual à 300 m². Sabe-se que a área do círculo é dada por $A_{\text{círculo}} = \pi \cdot r^2$, onde π vale aproximadamente 3,14 e r é o raio da circunferência. Portanto,

$$A = \pi \cdot r^2 \Rightarrow r^2 = \frac{A}{\pi} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Usando a fórmula obtida, o exemplo proposto pode ser resolvido como se segue:

$$r = \sqrt{\frac{300}{3,14}} = 9,77 \text{ metros.}$$

Sendo assim, já sabendo como obter o raio de um círculo com área igual à região estudada, pode-se aplicar a regra de três que fornecerá a dispersão do fenômeno avaliado em relação à área total da região estudada:

$$D_r = \frac{D_p}{r}$$

Concluindo, define-se Dispersão relativa, para este caso, como a razão entre a Distância Padrão e o raio da circunferência com área igual à região em que se estuda o fenômeno. Quanto mais próximo de 1 maior a dispersão do fenômeno e quanto mais próximo de 0 maior a concentração.

$$D_r = \frac{\text{distância padrão da variável em estudo}}{\text{distância padrão da variável tomada como referencial}}$$

Neste caso, são avaliadas situações como a distribuição de farmácias na cidade em relação à distribuição da população nesta mesma cidade, ou a distribuição da população de uma sub-região de um estado com a distribuição da população no estado como um todo.

Assim como o Coeficiente de Variação, a Dispersão Relativa também é adimensional, já que a Distância Padrão precisa estar na mesma unidade de medida de r . Logo, com a Dispersão Relativa, é possível comparar as distribuições do fenômeno estudado em regiões diferentes, já que esta medida determina o grau de dispersão dos dados.

Para o exemplo da distribuição de casos registrados de DST_HIV em Minas Gerais para 1998 e 2008, encontramos $D_{r_{1998}} = 0,59$ e $D_{r_{2008}} = 0,72$. Como dito, estes valores sugerem que a distribuição dos casos não está concentrada em algumas microrregiões específicas.

Mas, analisando os dados brutos, disponíveis na planilha DST_HIV_98_2011.xls, deve-se atentar para o número de registros para cada período. Enquanto em 1998 estão registrados apenas 3.571 casos, em 2008 existem 101.758 casos. Para uma análise mais confiável, é preciso avaliar o que mudou neste período em termos de metodologia.

Apesar da discrepância de valores, este exemplo foi selecionado justamente para mostrar que não se deve confiar nos resultados gráficos apresentados sem o conhecimento dos dados utilizados. Mas, os mapas continuam sugerindo interpretações para o padrão de distribuição dos casos de DST e HIV pelas microrregiões do estado de Minas Gerais e não devem ser desprezados.

2.4 Gráfico Triangular

O gráfico triangular é uma ferramenta útil quando estamos interessados em identificar o comportamento de determinado fenômeno explicado pela proporção de três variáveis em sua composição. Por exemplo, a estrutura etária da população de um município pode ser dividida de acordo com a proporção de crianças e jovens (Componente I), adultos (Componente II) e idosos (Componente III). Também podemos realizar agrupamentos de unidades espaciais semelhantes de acordo com a proporção do Produto Interno Bruto gerado pelos três grandes setores da economia: agropecuário, industrial ou de serviços. Analogamente, o solo pode ser classificado de acordo com a composição de Silte, Areia e Argila.

Em geral, os eixos são dispostos em sentido horário, divididos em uma escala que varia de 0% a 100%. A Figura 6 mostra a localização de um ponto P, de acordo com sua composição em cada componente. Observe que inicia-se percorrendo o eixo da Componente I até alcançar a proporção desejada e, encontrada essa proporção, segue-se no sentido do interior do triângulo em uma linha paralela ao outro eixo que compartilha o vértice onde o eixo da Componente I inicia. O mesmo ocorre para as demais componentes, levando ao ponto P, na interseção das três linhas.

Outro exemplo de aplicação do gráfico triangular é na definição de agrupamentos de mesorregiões ou microrregiões baseados na similaridade de participação nos setores de atividades (agropecuário, serviços e indústria). Para tanto, utilizamos a proporção do Produto Interno Bruto de cada município em cada um dos setores acima, registrando um ponto para cada município. Pontos mais próximos apresentam padrão similar de comportamento quanto à participação nos setores de atividade, podendo, assim, identificar os agrupamentos de municípios com estrutura mais industrial, de serviços ou agropecuária.

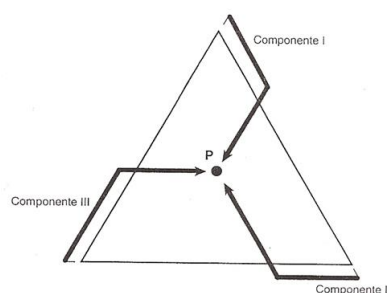


Figura 6: Marcação de um ponto no gráfico triangular
Fonte: Martinelli, 1998

3 O sistema ANESBRA–Análise Espacial de dados Brasileiros

O sistema ANESBRA possui funcionalidades que podem ser acessadas via *Web* e outras através de um aplicativo que deve copiado para a máquina do usuário.
<http://www.enanpege.ggf.br>

As funcionalidades disponíveis na *Web* são: construção de mapas que exploram elementos da Estatística Espacial como retângulo quartílico, centro médio ponderado, distância padrão ponderada. As medidas de variabilidade dispersão relativa e índice de dispersão são apresentadas como resultados complementares para melhor interpretação dos mapas gerados. Também são gerados gráficos para uma ou duas variáveis e o gráfico dinâmico.

No aplicativo de uso local estão disponíveis recursos para construção de gráfico triangular e mapa dinâmico.

Com a proposta de explorar dados relacionados ao Brasil e ao estado de Minas Gerais, faz-se a opção por adotar como unidades espaciais fundamentais as 27 unidades da federação, as 137 mesorregiões brasileiras e as 66 microrregiões de Minas Gerais. Essas unidades espaciais são capazes de apresentar algum nível de identidade regional. Cabe ao usuário escolher aquela que melhor se enquadra à análise proposta.

3- Considerações Finais

O objetivo inicial era criar um sistema em que todas as funcionalidades pudessem ser executadas via WEB, mas durante o desenvolvimento algumas dificuldades técnicas foram enfrentadas. Algumas foram superadas pela equipe e outras contornadas por soluções alternativas.

Tenho pesquisado alternativas que melhorem a conexão entre essas componentes e até mesmo para refazer parte do sistema. Acredito ter encontrado a solução na linguagem R, que sempre se mostrou como alternativa desde o início do projeto. Recentemente, quase ao final do segundo ano de execução do projeto, descobri a ferramenta que faltava: o pacote *shiny*, lançado em 2012, em parceria com a interface Rstudio para desenvolvimento *Web* com apoio da linguagem R. Assim, é proposta para o ano de 2013, o estudo e desenvolvimento de melhorias com o uso da linguagem R, com a qual já tenho familiaridade.

Assim, acredito ter alcançado parcialmente o objetivo geral do projeto pelo fato de algumas funcionalidades ainda não estarem disponíveis via WEB, apesar de serem executadas na máquina do usuário através do aplicativo gratuito desenvolvido no ambiente *Unity 3D*.

O sistema ANESBRA-Análise Espacial de dados Brasileiros, fica como um legado útil à comunidade que lida com a informação espacial, pois apresenta técnicas de análise espacial que podem dar suporte às análises exploratórias de dados espaciais que tenham como unidades espaciais básicas as Unidades da Federação,

<http://www.enanpege.ggf.br>

as mesorregiões brasileiras ou as microrregiões do estado de Minas Gerais. O sistema também pode ser usado como ferramenta de apoio didático a cursos de introdução aos métodos quantitativos aplicados à Geografia.

Também consideramos o sistema ANESBRA como um passo a mais dado no sentido de popularizar o uso consciente da informação espacial, tendo em vista que vem acompanhado de tutoriais e textos que ficam disponíveis no site www.paulofernando.mat.br/anesbra que mostram não só as funcionalidades do sistema mas que, também, buscam mostrar o significado dos elementos gerados.

E, finalmente, o sistema se apresenta como um modelo de sistema computacional gratuito com alguns recursos que merecem ser copiados para outras unidades espaciais básicas e recursos que podem ser melhorados. Tudo o que foi estudado e desenvolvido está disponível para aqueles que quiserem aprimorar o trabalho ou integrarem a equipe de desenvolvimento deste projeto embrionário.

5- Principais Referências

CAMARA, Gilberto et al. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos campos, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em 15 jul 2002.

CARVALHO, Paulo Fernando Braga. **Uma proposta para o ensino introdutório da quantificação em Geografia, com uso do software MATLAB**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2002.

GERARDI, Lúcia Helena de Olivera; SILVA, Barbara-Christine Nentwig. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: Difel,1981.

MARTINELLI, Marcello. **Gráficos e mapas: construa-os você mesmo**. São Paulo: Moderna, 1998. 120 p. ISBN 851602198X