

DETERMINAÇÕES DE POTENCIALIDADE A NÍVEL ESPACIAL PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS - RESULTADOS PRELIMINARES

JOÃO FRANCISCO DE ABREU*
PAULO ROGÉIRO J. ALVIM*

BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA, 16-17(31-34) 294-301, 1986-1987
(I ENCONTRO DE GEOGRAFOS DA AMERICA LATINA)

INTRUDUÇÃO

Dde 1872, em quando realizou-se o primeiro censo no Brasil, até 1980, verifica-se uma gradativa perda da expressão populacional de Minas Gerais no contexto brasileiro, caindo de 20.5% para 11.2% do total da população. A hipótese de que o crescimento vegetativo inferior ao brasileiro seja responsável por esta perda não é real, uma vez que apenas na década de 70/80 isto ocorreu (Merrick, 1981). Assim, a queda da participação da população de Minas no Total do Brasil é função de saldos migratórios líquidos negativos desde o início do século (Abreu, 1980).

Da mesma forma, a população mineira a nível rural e urbano é desigualmente distribuída de maneira marcante. Regiões apresentam grandes vazios rurais e urbanos e outras se adensam de forma a hipertrofiar o espaço populacional. A avasão da população mineira e os movimentos populacionais no Estado representam um dos aspectos mais sérios para o planejamento regional a nível estadual e nacional. Para se ter uma idéia, exôdo dos 10 estados nordestinos (Abreu, 1980).

Assim como no caso da população, outras variáveis importantes no contexto da análise regional devem ser bem estudadas para que se possa determinar um retrato do Estado no período 70/80.

O objetivo amplo deste trabalho é analisar esta variação a nível municipal e micro-regional, verificando áreas de potencialidades, emergências ou depressão econômica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Mapear as variações a nível municipal a regional; Montar na UFMG um sistema de informações espaciais para estudo nas diversas áreas e setores, iniciando-se a montagem de um banco de dados com alto grau de confiabilidade e de fácil manuseio para variáveis espaciais, além de desenvolver um conjunto de "software" necessário á análise espacial, inclusive com sub-rotinas gráficas.

METODOLOGIA

Duas metodologias clássicas em Análise Espacial serão utilizadas nesta pesquisa: a análise de componentes principais, e o modelo potencial de Huff.

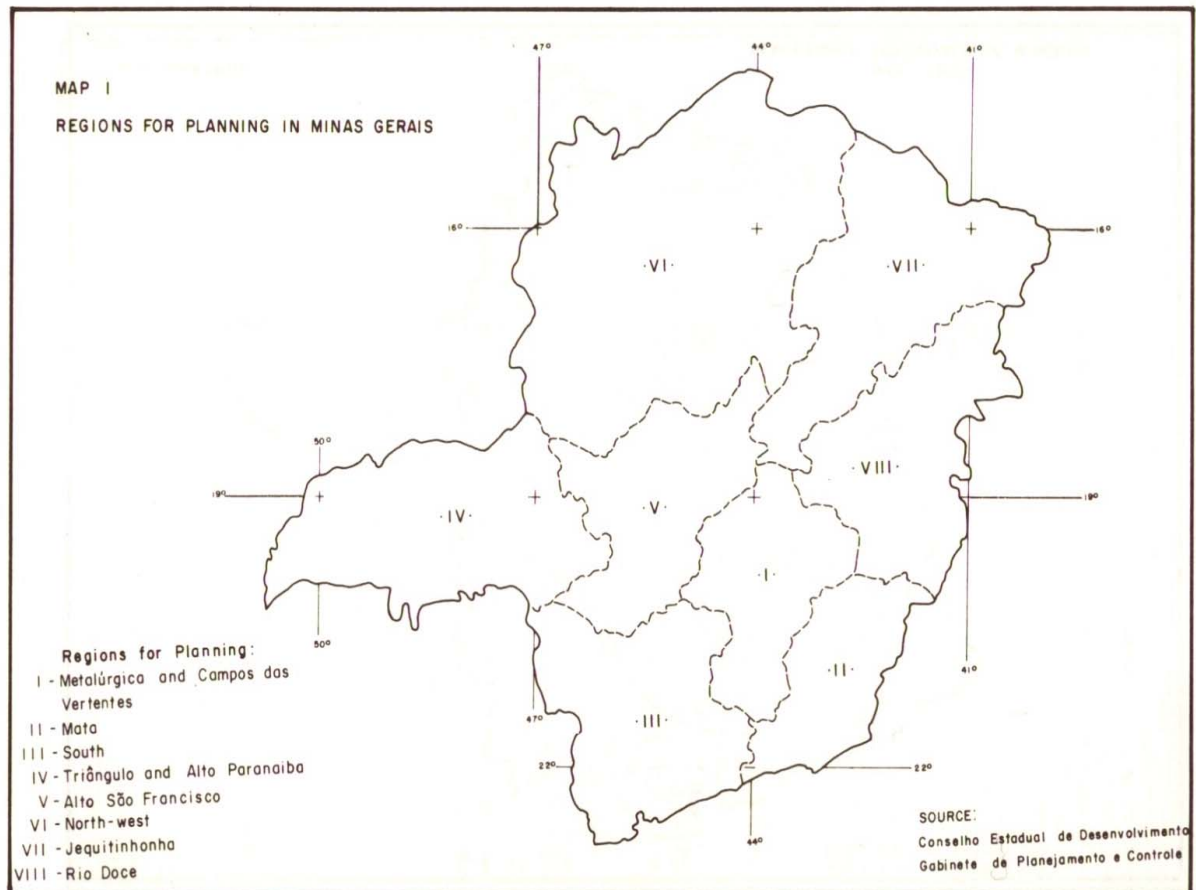
* PUC e Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Um ampla revisão bibliográfica e comentário a respeito destes modelos e técnicas são feitas em Abreu (1978).

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Definição de Componentes Principais

Seja X uma matriz de dados, que representam observações de p variáveis (X_1, X_2, \dots, X_p):



$$X = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_p \\ \downarrow & \downarrow & & \downarrow \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{np} \end{pmatrix} \begin{matrix} \leftarrow 1^{\text{a}} \text{ observação} \\ \leftarrow 2^{\text{a}} \text{ observação} \\ \vdots \\ \text{n}^{\text{a}} \text{ observação} \end{matrix} \quad (1)$$

Chamamos "Componentes Principais" aos vetores (dimensão n), Y_1, Y_2, \dots, Y_p , que são combinações lineares independentes entre si:

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned} \quad (2)$$

Os Componentes Principais são escolhidos de modo que um número reduzido deles explique a maior porcentagem da variação total em X_1, X_2, \dots, X_p .

Método de Obtenção dos Componentes Principais
Trabalha-se com variáveis padronizadas:

$$X_i \text{ PADRONIZADO} = \frac{X_i - \bar{X}_i}{S_i} \quad (3)$$

onde \bar{X}_i é um valor da variável X_i ,

\bar{X}_i é a média de todos os valores de X_i , e
 S_i é o desvio padrão das observações de X_i .
Obtêm-se os coeficientes de Y_1 (1º C.P.) de modo que a direção de Y_1 capte a maior parte da variância total em X_1, X_2, \dots, X_p .

Escolhe-se $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p}$ de modo que o comprimento do vetor $a_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p})^T$, onde T indica o símbolo de transposição (a_1 é vetor coluna), seja unitário, o que é suficiente para obter-se a direção onde a variância é máxima.

Formalizando:

$$\begin{aligned} \text{Achar } a_1 &= (a_{11} \ a_{12} \ \dots \ a_{1p})^T \\ \text{e } Y_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p = Xa_1, \end{aligned}$$

onde $X = (X_1 \ X_2 \ \dots \ X_p)$ é a matriz de dados padronizados, de modo que:

$$\text{Var}(y_1) = \text{MÁXIMA, SUJEITA A } \sum_{i=1}^p a_{2i}^2 = 1 \quad (4)$$

($\text{Var}(Y_1)$ = Variância de Y_1)

Obtem-se $a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2p}$ (coeficientes de Y_2 , 2º C.P.) de modo que a variância residual (variação em X_1, \dots, X_p que ainda não foi explicada pelo 1º Componente Principal), seja máxima, o comprimento de $a_2 = (a_{21} \ a_{22} \ \dots \ a_{2p})^T$ seja unitário, e o 2º Componente Principal, Y_2 , seja independente de Y_1 .

Formalizando:

$$\begin{aligned} \text{Obter } a_2 &= (a_{21} \ a_{22} \ \dots \ a_{2p})^T \\ \text{e } Y_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p = Xa_2 \end{aligned}$$

de modo que:

$\text{Var}(Y_2)$ = Máximo residual
sujeito a

$$\sum_{i=1}^p a_{2i}^2 = 1 \quad (5)$$

$$\text{Cov}(Y_1, Y_2) = 0$$

($\text{cov}(Y_1, Y_2)$ = covariância entre y_1 e y_2).

Resolvendo problemas de maximização da variância residual semelhantes ao acima formulado para Y_3, Y_4, \dots, Y_p , obtem-se

$$a_j = (a_{j1} \ a_{j2} \ \dots \ a_{jp})^T$$

onde a_j é o vetor de coeficientes de Y_j ($j = 3, 4, \dots, p$)

Trabalhando com dados padronizados, sendo R a matriz de correlação entre as variáveis X_1, X_2, \dots, X_p , existem p autovalores de R , $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_p$, solução de:

$$\det(R - \lambda_j I) = 0 \quad (j = 1, 2, 3, 4, \dots, p)$$

onde I é a matriz identidade $p \times p$ e "det" é o símbolo de determinante.

A cada λ_j (autovalor) de R corresponde um autovetor $a_j = (a_{j1} \ a_{j2} \ \dots \ a_{jp})^T$, tal que:

$$Ra_j = \lambda_j a_j \quad (j = 1, 2, \dots, p)$$

Resolvendo os p problemas de maximização da variância anteriormente formulados, prova-se que cada Componente Principal tem variância igual ao correspondente autovalor de R , os coeficientes de cada C.P. são fornecidos pelo autovetor correspondente (a_j) e cada C.P. é linearmente independente de todos os outros componentes.

Os autovalores de R são todos *positivos* e a "importância" relativa do j -ésimo C.P. na descrição do sistema é medida por:

$$\frac{\text{Var}(Y_j)}{\sum_{j=1}^p \text{Var}(Y_j)} = \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} = \frac{\lambda_j}{p} \text{ onde } x_1, \dots, x_p \text{ (6)}$$

são padronizados

Etapas da Análise de Componentes Principais

- 1) Escolher as variáveis X_1, X_2, \dots, X_p
- 2) Padronizar as variáveis X
- 3) Calcular R (matriz de correlações)
- 4) Achar os p autovalores de R

$$d_1 \geq d_2 \geq \dots \geq d_p$$

tais que

$$\det(R - \lambda_1) = 0$$

5) Achar os autovetores a_1, a_2, \dots, a_p correspondentes respectivamente a $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ tais que:

$$R a_j = \lambda_j a_j \quad (j = 1, 2, \dots, p)$$

$$a_j = (a_{j1} \ a_{j2} \ \dots \ a_{jp})$$

$$\sum_{k=1}^p a_{jk}^2 = 1$$

6) Calcular os C.P.:

$$y_j = a_{j1}X_1 + a_{j2}X_2 + \dots + a_{jp}X_p \quad (j = 1, 2, \dots, p)$$

7) Separar um número *reduzido* de Y_j (C.P.) que expliquem a *maior parte da variância total*.

8) Interpretar as variáveis de (7), observando os pesos a_{j1}, a_{j2}, a_{jp} .

9) Identificar agrupamentos de indivíduos (ou observações) semelhantes, fazendo uma análise gráfica das variáveis de (7).

O MODELO POTENCIAL

O modelo é amplamente utilizado em análise espacial. No presente trabalho será um mecanismo de balizamento e de análise demográfica no espaço, para os períodos de 50 a 80 do Estado.

A formulação clássica do modelo é:

$$I_{ij} = G \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{(d_{ij})^b} \quad (7)$$

onde temos,

I_{ij} = Interação Espacial entre i e j .

P_i, P_j = populações de i e j .

d_{ij} = distância entre i e j .

G, b = constantes de calibragem

A relação acima descreve a interação dos habitantes da região analisada como uma função de probabilidade das subáreas e a variável distância em termos de deslocamentos. Fazendo-se a mesma análise de regressão para variáveis representativas das interações desta região como chamadas telefônicas, transporte rodoviário e ferroviário, fluxo monetário, migrações, etc., e achando para todos os fenômenos uma relação semelhante a (7), pode-se dizer que esta representa um princípio básico que rege a estrutura e os sistemas da área em questão. Esta relação expressa o *modelo gravitacional*.

O potencial de j pode ser deduzido a partir da fórmula (7):

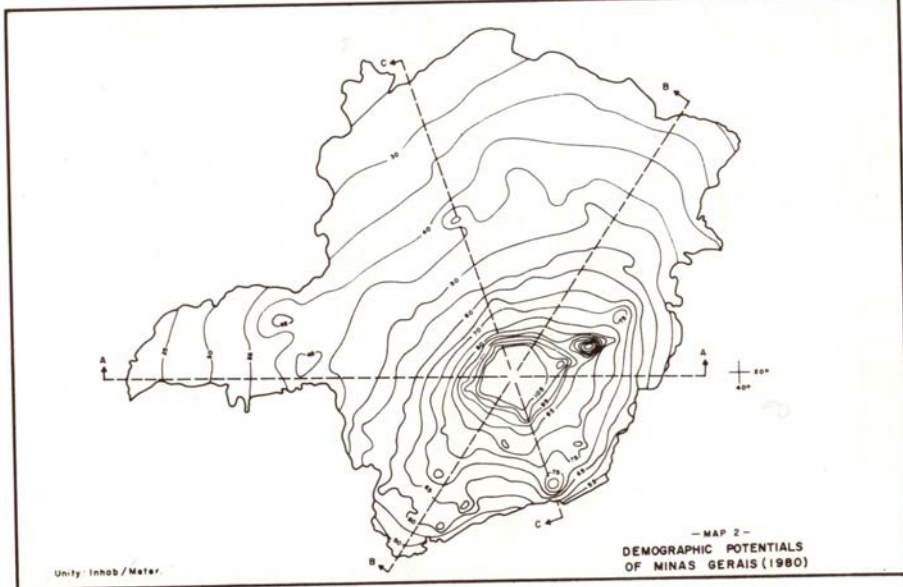
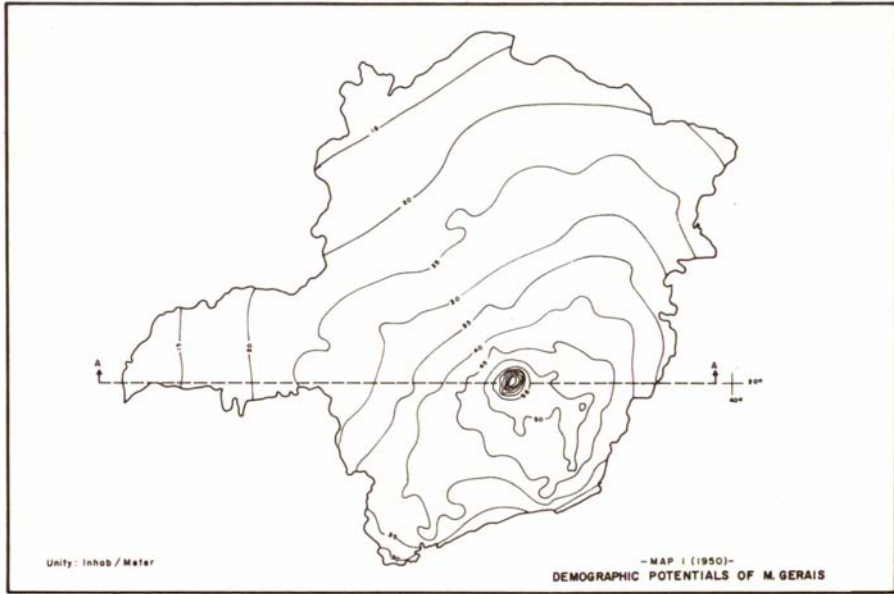
$$I_{1j} + I_{2j} + \dots + I_{nj} = G \frac{P_1 P_j}{(d_{1j})^b} + G \frac{P_2 P_j}{(d_{2j})^b} + \dots + G \frac{P_n P_j}{(d_{nj})^b} \quad (8)$$

ou,

$$\sum_{i=1}^n I_{ij} = \sum_{i=1}^n G \frac{P_i P_j}{(d_{ij})^b}$$

Como P_j e uma constante, pode-se fazer $G^* = G \cdot P_j$ e,

$$\sum_{i=1}^n I_{ij} = G^* \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(d_{ij})^b}$$



Considerando $\sum_{i=1}^n I_{ij}$ como o potencial de j e empregando o símbolo j^v para potencial, tem-se:

$$j^v = G^* \sum_{i=1}^n \frac{\lambda}{d_{ij}^b} \quad (10)$$

A fórmula (10) é a base do *modelo potencial*.

O modelo Huff utiliza a teoria das probabilidades para determinar o deslocamento individual no espaço

$$P_{ij} = \frac{S_j/T_{ij}^b}{\sum S_j/T_{ij}^b} \quad (11)$$

Modelo do Huff (Abreu, 1978, 28-29).

6. RESULTADOS PRELIMINARES:

Os resultados são ainda iniciais e exploratórios, mas devem ser discutidos, os primeiros quatro mapas são produzidos utilizando-se como massa a variável população para os anos 50, 60, 70 e 80, e considerando-se* limitrofes. Esse tipo de enfoque é particularmente útil para empresas estaduais de serviços públicos tais como saneamento, energia e telefonia, na medida que, como empresas monopolistas, devem servir eficientemente os consumidores a partir de sua sede independentemente de influências sofridas por regiões de outros estados.

O mapa 2 mostra as curvas isotenciais, estado isolado, 1970. Verifica-se que:

- A zona da Mata perde importância ao mesmo tempo que Juiz de Fora aumenta sua participação motivada pelo próprio esvaziamento da região, uma vez que o município como centro regional não perdeu importância na mesma proporção, podendo inclusive ter servido de centro receptor do fluxo migratório da região;

- O conjunto Ipatinga, Timóteo e Coronel Fabriciano consolida-se como uma importante região do estado;

- Governador Valadares aparece como centro regional pela primeira vez através de um pequeno máximo local em Alpercata.

- o surgimento de máximo local em Pirapora-Buritizeiro é um exemplo de distorção de cálculo do modelo.

- Verifica-se uma diminuição da importância da região de Lavras e também a inexistência de máximo local na região de Ponte Nova.

O mapa 3 mostra as curvas isotenciais, estado isolado, 1980. Verifica-se principalmente a consolidação do novo eixo populacional do estado, deslocando-se de Belo Horizonte — Zona da Mata em 1950 para Belo Horizonte — Vale do Aço em 1980. Além disso:

- Consolidam-se as posições de Uberlândia, Uberaba e Governador Valadares como centros regionais;

- Apesar do esvaziamento da zona da Mata, Juiz de Fora mantém importância como centro regional;

- Itajubá, Caxambú — São Lourenço e Varginha com pequenos máximos locais, bem como Poços de Caldas com influência marcante na curva de isotenciais 70, aparecem como centros regionais do sul do estado;

- Cidades importantes do estado como Contagem, Betim, Divinópolis, Itaúna, Sete Lagoas, etc. não apresentam máximos locais devido a sua proximidade com Belo Horizonte, isto é, estão dentro de sua área de influência.

- Em síntese há o aparecimento marcante da “Região do Vale do Aço” como altamente potencial, um desenvolvimento espacial para oeste com ênfase para Uberlândia/Uberaba e dramática perda para a Zona da Mata. Acreditamos que com o uso de outros modelos e variáveis tenhamos confirmações destas suposições com bastante segurança. Sendo o uso do modelo modificado o próximo passo desta pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, J.F. “Migration and money flows in Brazil — A spatial analysis”. Tese de doutorado. University of Michigan. 1982.
- BACHI, R. “Statistical analysis of geographical series”. *Bulletin de L'Intitute International de statistique*, XXXVI, PP 229-240. 1957.
- BERRY, B.J.L. *Geografia de los centros de mercado y distribución al por menor* Editorial Vicens-Vives — Barcelona. 1971.
- GEMIG-História de Energia e Progresso. Belo Horizonte. 1962.
- GEMIG-Relatório Anual da GEMIG. Belo Horizonte. 1957 a 1981.

* Minas Gerais como uma “ilha”, isto é sem a influência de estados.

- GEMIG-GEMIG-30 Years. Belo Horizonte. 1982.
- GEMIG. "Um pouco de história sobre a importância da eletricidade". *Gemig Notícias*. pp. 2. mai/82. Belo Horizonte.
- GEMIG-GEMIG-25 anos fazendo o progresso com energia. Belo Horizonte. 1977.
- CERON, A.O. "Classificações espaciais e regionalização". *Boletim de Geografia Teórica*. Rio Claro, 7(14): 9-45. 1977.
- CHORLEY, R.J. e HAGGETT p.. *Modelos físicos e de informação em geografia*. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro; Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1975.
- COELHO, A.L.N. et Alii "A revisão do comportamento migratório mineiro: um desafio ao planejamento". *Revista da Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte, 12 (3/4): 46-48. 1982.
- DAVIS, J.C. *Statistics and data analysis in geography*. Wiley International Edition. New York. 1973.
- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE M.G. *Boletim de Conservação*. Serviço de Conservação. Belo Horizonte. 1981.
- DUARTE, A. C. "Regionalização-considerações metodológicas". *Boletim de Geografia Teórica*. Rio Claro 10(20) 5:32. 1980.
- FERRÊIRA, C.M.C. *Um estudo de regionalização do estado de Minas Gerais por meio de modelo de potencial*. Monografia nº 3. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da UFMG-CEDEPLAR. Belo Horizonte. 1971.
- GEORGE, P. et Alii *A geografia ativa*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1966.
- GERARDI, L.H. e SILVA, B.N. *Quantificação em geografia*. DIFEL. São Paulo. 1981.
- HADDAD, P.R. "Minas na década de 80". *Revista da Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte. 12(3/4): 89-103. 1982.
- HAMMOND, R. e McCULLAGH, P.S. *Quantitative techniques in geography. An introduction*. Clarendon Press. Oxford. 1975.
- HILHORST, J.G.M. *Planejamento regional. Enfoque sobre sistemas*. Zahar Editôres. Rio de Janeiro. 1973.
- ISARD, W. *Location and space economy*. m.i.t. Cambridge. 1965.
- ISARD, W. *Métodos de análisis regional. Una introducción a la ciencia regional*. Ediciones Aniel. Barcelona. 1971.
- DING, L.J. *Statistical analysis in geography*. Prentice-Hall. New York. 1970.
- LOPES, L. "Contribuição ao planejamento industrial do estado-Plano de Eletrificação". Memória apresentada ao II Congresso Brasileiro de Engenharia e Indústria. *Relatórios e Estudos do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte. 1946.
- LOSCH, A. *The economics of location*. Yale University Press. New Haven. 1967.
- MINAS GERAIS. *Anuário Estatístico de Minas Gerais. 1950*. Departamento Estadual de Estatística. Belo Horizonte. 1950.
- MINAS GERAIS. *Anuário Estatístico de Minas Gerais. 1981*. Superintendência de Estatística e Informações, Secretaria de Estudo do Planejamento e Coordenação Geral. Belo Horizonte. 1981.
- minas gerais. *Municípios e localidades*. Superintendência de Estatística e Informações, Secretaria de Estudo do Planejamento e Coordenação Geral. Belo Horizonte. 1977.
- NEFT, D.S. *Statistical analysis for areal distributions*. Regional Science Research Institute: Philadelphia. 1966.
- PEARSON, R.N. "Progress in Regional Geography". *New Viewpoints in geography*. twenty-ninth Yearbook of the National Council for the Social studies. Washington. 1959.
- ROGERS, A. *Statistical analysis of spatial dispersion. The quadrat method*. Pion Limited. London. 1974.
- RUIZ, J.A. *Metodologia científica. Guia para eficiência nos estudos*. Editôra Atlas. São Paulo. 1979.
- SOUZA E SILVA, J. e ARRUDA, M.A. "Estrutura espacial do estado de Minas Gerais". *Revista da Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte. 7(2): 2.11. 1977.
- TEITZ, M.B. "Regional theory and regional models". *Papers and proceeding of the Regional Science Association*, IX: 35-50. 1962.
- WARNTZ, W. *Macrogeography and income fronts*. Regional Science Research Institute. Philadelphia. 1965.
- YEATES, M. *Quantitative analysis in human geography*. MacGraw-Hill. New York 1974.