

Textos para Discussão N° 43

Secretaria do Planejamento e Gestão
Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser

Análise espacial da centralidade e da dispersão da população e da riqueza gaúchas de 1970 a 2000: metodologias e notas preliminares

Iván G. Peyré Tartaruga

Porto Alegre, outubro de 2008



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E GESTÃO

Secretário: Mateus Affonso Bandeira



DIRETORIA

Presidente: Adelar Fochezatto

Diretor Técnico: Octavio Augusto Camargo Conceição

Diretor Administrativo: Nóra Angela Gundlach Kraemer

CENTROS

Estudos Econômicos e Sociais: Sônia Rejane Unikowsky Teruchkin

Pesquisa de Emprego e Desemprego: Roberto da Silva Wiltgen

Informações Estatísticas: Adalberto Alves Maia Neto

Informática: Luciano Zanuz

Editoração: Valesca Casa Nova Nonnig

Recursos: Alfredo Crestani

TEXTOS PARA DISCUSSÃO

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pela FEE, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões. As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Fundação de Economia e Estatística.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

Análise espacial da centralidade e da dispersão da população e da riqueza gaúchas de 1970 a 2000: metodologias e notas preliminares*

Iván G. Peyré Tartaruga**

Geógrafo, Técnico da FEE

Resumo

Os desenvolvimentos nos métodos espaciais – estes preocupados com a localização, a interação, a estrutura e o processo espaciais – estão criando novas possibilidades para os estudos das propriedades dos sistemas socioeconômicos. Neste artigo utilizaram-se técnicas de estatística espacial, juntamente com um sistema de informações geográficas (SIG), para descrever a distribuição espacial de dados sociais e econômicos, tais como o centro médio, a distância padrão e a elipse de desvio padrão. Analisando a realidade do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), comparou-se a dispersão da população, do PIB, da renda mensal total e da renda mensal per capita no período de 1970 até 2000 (anos censitários). O artigo conclui com algumas breves considerações a respeito dos padrões e das tendências destas distribuições.

Palavras-chave: Análise espacial; estatística espacial; análise regional.

Abstract

Developments in spatial methods – concerned with location, spatial interaction, spatial structure and spatial processes – are creating new possibilities for studies of the properties of socioeconomic systems. In this paper, we use spatial statistical techniques with a geographic information system (GIS) for describing the spatial distribution of social and economic data, such as the mean center, standard distance and standard deviational ellipse. Analyzing the reality of the State of Rio Grande do Sul (Brasil), we compare the distribution of population, GDP, monthly income and per capita income observed in the period 1970-2000 (census years). The paper concludes with some brief reflections on the patterns and trends of these distributions.

Keywords: Spatial analysis; spatial statistics; regional analysis.

Classificação JEL: C10, R12, R11.

* A ser publicado em Paiva, C.A. (org.). *Evolução das Desigualdades Territoriais no Rio Grande do Sul*. Santa Cruz do Sul. 2008.

** ivan@fee.tche.br O autor agradece a leitura atenta dos economistas Carlos Águedo Nagel Paiva e José Antônio Fialho Alonso da versão preliminar deste artigo, destacando que a versão final é de sua inteira responsabilidade do autor.

1 – Introdução

Este trabalho possui dois objetivos principais e intimamente relacionados. Por um lado, uma tentativa de uma melhor compreensão da realidade social e econômica do Estado do Rio Grande do Sul, das últimas décadas, nas suas diferentes regiões, o que seria, basicamente, um problema de análise regional. Por outro, o uso de técnicas de análise, para o problema anterior, que têm como característica essencial a consideração da dimensão espacial (ou localização dos fenômenos estudados) na sua metodologia, o que se pode chamar de análise espacial.

Nesse contexto, ressaltam-se as três razões, apontadas por Anselin, Florax e Rey (2004), da crescente importância do uso dos métodos espaciais: o renovado interesse no papel do espaço e das interações espaciais na teoria das ciências sociais, a crescente disponibilidade de dados socioeconômicos georreferenciados, e o baixo custo em termos de sistemas computacionais e operacionais para a manipulação de dados espaciais. Com respeito à primeira razão, podem-se citar, além evidentemente da própria geografia, o uso explícito da perspectiva espacial na *new economic geography* na economia moderna, sobretudo, na identificação das externalidades espaciais; na sociologia, os estudos acerca da criminologia e das questões urbanas; na ciência política, a análise de conflitos, os quadros eleitorais e as relações internacionais.

Quanto à segunda razão do interesse nos métodos espaciais, percebe-se uma crescente disponibilização de dados socioeconômicos e de bases cartográficas digitais; vejam-se, por exemplo, os dados oferecidos somente sobre o Brasil, gratuitamente, no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e em outros órgãos governamentais. Além disso, relacionada à terceira razão, há uma grande quantidade de programas computacionais de processamento de dados espaciais (georreferenciados), também conhecidos como sistemas de informações geográficas (SIG): à venda no mercado, como ArcGIS, IDRISI, MapInfo, Maptitude; e gratuitos, como o TerraView e o Spring (produzidos no INPE), GeoDa (desenvolvido por um dos maiores estudiosos da análise de dados geográficos, Luc Anselin), entre outros.

É evidente, nesse contexto, o importante papel dos SIG, que se definem como qualquer sistema computacional de informação que pode, segundo Antenucci, Brown e Croswell et al. (1991): (a) coletar, armazenar e recuperar informações com suas localizações espaciais (georreferenciadas); (b) identificar locais específicos através de critérios conhecidos; (c) explorar relações entre grupos de dados dentro de uma determinada área; (d) analisar, espacialmente, dados relacionados para servir de apoio à tomada de decisões numa determinada área; (e) facilitar a seleção e o manuseio de dados para o uso em modelos aplicados para analisar impactos de alternativas em uma área; (f) e apresentar uma área, geográfica e numericamente, tanto antes quanto depois da análise. Em suma, as várias definições do que seria um SIG podem ser sintetizadas em três noções complementares, conforme Maguire, Goodchild e Rhind (1991): mapeamento, banco de dados e análise espacial.

O SIG, portanto, é uma ferramenta fundamental para a análise espacial de dados geográficos, esta preocupada com a localização, a interação, a estrutura e o processo espaciais de fenômenos

sociais e econômicos. Mais especificamente, a análise espacial visa estudar o comportamento espacial de fenômenos geográficos (regiões, municípios, cidades, domicílios,...) por meio de elementos geométricos como pontos, linhas ou áreas (polígonos), que são representações da realidade.

Outro elemento crucial para a análise espacial, tanto no sentido absoluto (das coordenadas ou da localização) quanto no sentido relativo (distâncias, arranjo espacial), é o adequado tratamento estatístico dos dados. Acredita-se há muito tempo que, para a resolução dos problemas concernentes à geografia, especificamente, e à análise regional, em termos gerais, somente o mapa não é suficiente, nem tão-somente os dados estatísticos; parece evidente que devem trabalhar juntos (Sviatlovsky e Eells, 1937).

Particularmente, a análise espacial focaliza aspectos específicos concernentes aos dados e aos modelos utilizados. Anselin (1988 e 1992) denomina estes aspectos de *efeitos espaciais* sobre os dados e os divide em dois tipos gerais: a dependência espacial e a heterogeneidade espacial. O primeiro efeito, também conhecido como associação espacial ou autocorrelação espacial, está diretamente relacionado com a primeira lei da geografia de Tobler, qual seja, “todas as coisas são parecidas, porém, coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes” (Tobler apud Druck, Carvalho, Câmara et al., 2004, p. 11). Nesse sentido, pode-se considerar que, em um conjunto de entes geográficos (pontos, linhas ou polígonos), valores similares de uma variável tendem a estarem próximos, o que poderia ser um aglomerado (*cluster*). A título de exemplo, veja-se o caso de um bairro metropolitano com altas taxas de criminalidade, provavelmente os bairros vizinhos também possuam um grande número de crimes. A análise de dependência espacial, portanto, busca verificar essa associação que depende, especialmente, da distância.¹ Ressalta-se que a noção de espaço (relativo) pode ir além da idéia de distância (euclidiana), ou seja, considerar outras noções de espaço – espaço social (ou lugar), espaço político (ou território), espaço econômico (custo de deslocamento)² – o que evidencia um grande leque de possibilidades de estudos para as ciências sociais em geral.

O segundo tipo de efeito espacial, a heterogeneidade espacial, trata da diferenciação espacial, ou regional, ou, em outros termos, da unicidade de cada lugar, ou seja, cada localização é possuidora de características únicas. Assim, a heterogeneidade está associada a uma ausência de estabilidade do comportamento das variáveis sobre o espaço em questão: os parâmetros que caracterizam as unidades variam com a localização.

Mais preocupado com o segundo efeito (heterogeneidade espacial) do que com o primeiro (dependência espacial), este trabalho tem por objetivo proporcionar, por meio de algumas técnicas de análise espacial realizadas em um SIG, uma melhor compreensão da distribuição espaço-temporal das diferentes regiões gaúchas levando em conta aspectos socioeconômicos (análise regional). Mais especificamente, os dados utilizados são a população absoluta, o PIB, a renda mensal total e a renda mensal *per capita* dos municípios, no período que compreende os anos de 1970 e de 2000,

¹ Como exemplo de método de análise de autocorrelação espacial tem-se o índice I de Moran (global e local).

² Aqui se está falando de noções/conceitos teóricos específicos utilizados na ciência geográfica. Para uma boa explicitação destes, ver Oakes (1997), acerca do conceito de lugar, e Souza (1995), acerca do de território.

considerando somente os anos censitários. Ressalta-se, também, o aporte da estatística espacial para a compreensão da distribuição dos dados no espaço, a exemplo das medidas espaciais de tendência central (ou centralidade) e de dispersão (ou variabilidade).

O texto está dividido em quatro seções principais. A primeira que introduz a temática e os objetivos do trabalho, finda aqui. A segunda seção, que descreve a metodologia utilizada nas análises, sobretudo acerca das medidas de tendência central e de dispersão das distribuições espaciais, nas quais estão distribuídas em três subseções (centro médio, distância padrão e elipse de desvio padrão). A terceira analisa os resultados obtidos das medições em cinco subseções referentes às variáveis analisadas (população, PIB, renda total, renda *per capita* e uma interpretação sintética das variáveis). E a última que tece as considerações finais do trabalho.

2 – Metodologia espacial

Para a análise espacial da realidade gaúcha foram utilizadas as informações estatísticas por município – população, PIB e rendas mensais, total e *per capita* –, a base digital cartográfica e o Sistema de Conversão Municipal obtidos do CD-ROM “RS em Mapas e Dados” (Paiva, 2007).³ Os dados dizem respeito aos anos censitários de 1970, 1980, 1991 e 2000; com exceção do PIB de um dos anos, em que ao invés do valor de 1991 utiliza-se o de 1990, em razão de sua inexistência para aquele ano.⁴ Alguns comentários e explicitações referentes aos primeiros dois aspectos preliminares da metodologia – dados utilizados e base cartográfica – se fazem necessários, a seguir.

Os dados utilizados neste trabalho são população absoluta, PIB total e renda (total e *per capita*) dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul.⁵ E servem como indicativos de bem-estar social e econômico estadual. De um lado, os locais de atração (acúmulo) de população, em tese, ocorrem onde há, em alguma medida, crescimento econômico e, portanto, as pessoas se deslocam para estes lugares com a esperança de oportunidades melhores de vida. De outro, as outras três medidas são indicativas da riqueza. O PIB por município, por si só, não é um indicador muito bom, apesar de ser muito freqüentemente utilizado para este fim; com efeito, diferentemente do PIB de um país, o PIB de um município pode ser muito diferente da renda disponível no próprio município, ou seja, parte da riqueza gerada no local pode ser deslocada para outros lugares (Paiva e Peyré Tartaruga, 2007). Desse modo, utilizam-se também as rendas, total e *per capita*, em razão de serem mais representativas da riqueza municipal. A renda apropriada, apesar de mais representativa, possui

³ Este trabalho é um produto da pesquisa “Investigação Acerca dos Determinantes dos Diferenciais de Desempenho Socioeconômico dos Municípios Gaúchos entre 1970 e 2000”, realizada pela Fundação de Economia e Estatística (FEE) e pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), com financiamento do CNPq e da FAPERGS.

⁴ Adicionalmente, nas informações do PIB de 1970, não há o valor referente ao município de Chiapeta; assim, nos procedimentos estatísticos atribui-se o valor zero para este município no período, sem erro significativo no conjunto dos municípios.

⁵ Os dados populacionais e das rendas são oriundos dos censos do IBGE (1970, 1980, 1991 e 2000), e PIB total calculado pelo IPEA (IPEADATA, 2006). Os valores monetários do PIB e das rendas correspondem a R\$ do ano 2000.

uma limitação, qual seja, ela não considera a renda não monetária, importante principalmente para as populações rurais.⁶

O outro aspecto preliminar desta pesquisa, a base digital cartográfica do Estado do Rio Grande Sul, providencia o suporte básico para a realização das análises de caráter espacial; utilizaram-se, especificamente, as malhas municipais (áreas e limites dos municípios). Neste trabalho foram utilizadas duas das bases (malhas municipais) disponíveis em Paiva (2007)⁷: a que vigorava no período de 1966 até 1982, com 232 municípios, e, no período a partir de 2003 (atual), com 496 municípios. Na primeira base são realizados todos os procedimentos de estatística espacial, enquanto nesta é feita tão-somente a visualização de alguns resultados estatísticos sobre a primeira. As bases foram obtidas no formato (vetorial) de arquivos do *software* TerraView⁸ (um SIG), as quais foram convertidas para o formato *shapefile* (.shp) e importadas para o *software* ArcGIS⁹ (SIG), no qual são realizadas as técnicas de análise espacial, e neste transformadas para o formato *Geodatabase Feature Class* (.gdb). Algumas informações cartográficas básicas das bases, que caracterizam todos os mapas constantes neste trabalho (ver Figura 1):

- Projeção cartográfica: Universal Transversa de Mercator (UTM);¹⁰
- *Datum* horizontal: Córrego Alegre;
- Zona: 22 (Sul);
- Meridiano central: - 51 (51° oeste);
- Unidade de medida linear: metro.

⁶ A título de referência, para o ano agrícola 2001/2002, no Estado gaúcho, foram obtidas as seguintes proporções do produto bruto de autoconsumo sobre o produto bruto total em propriedades rurais (portanto, a soma das produções para autoconsumo e para venda): para o município de Três Palmeiras (na região do Alto Uruguai) esta proporção alcançou os 14,8% e para Veranópolis (na região da Serra), 17,06%; portanto, parcelas significativas (Peyré Tartaruga, Gazolla e Schneider, 2005).

⁷ No trabalho Paiva (2007), estão disponibilizadas todas as malhas municipais do RS desde 1966: de 1966 a 1982, com 232 municípios; de 1983 a 1989, 244 municípios; de 1990 a 1992, 333 municípios; de 1993 a 1996, 427 municípios; de 1997 a 2000, 467 municípios; de 2001 a 2002, 497 municípios; e de 2003 a 2006, 496 municípios.

⁸ TerraView (versão 3.1.4) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

⁹ ArcGIS (versão 9.2) da Environmental Systems Research Institute (ESRI).

¹⁰ As coordenadas dos pontos na projeção UTM são representadas por medidas em metros. Por exemplo, as coordenadas do ponto mais meridional do Estado gaúcho e do Brasil, situado no atual município de Santa Vitória do Palmar, são, aproximadamente, 6.262.963 m N (latitude) e 277.958 m E (longitude).

Figura 1 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul – 1970



No âmbito dos procedimentos estatísticos, talvez a contribuição mais importante deste trabalho, faz-se uso de técnicas da estatística descritiva espacial para resumir e apresentar as informações de forma a facilitar a interpretação das mesmas. Com este intuito, de um lado, utiliza-se uma medida de centralidade (ou tendência central) espacial: o centro médio, também conhecido como centro espacial, ponderado pelos dados descritos anteriormente. De outro, duas medidas de dispersão (ou variabilidade) espacial: a distância padrão e a elipse de desvio padrão.¹¹

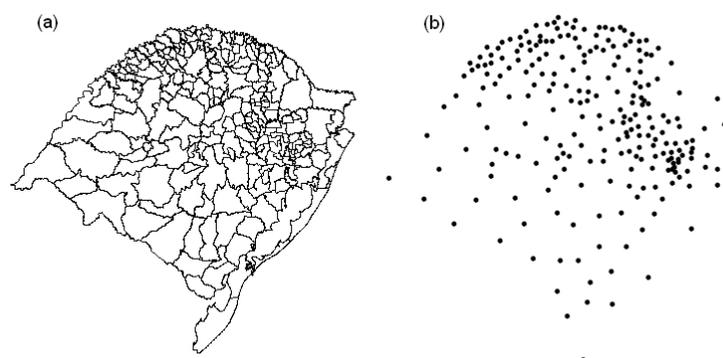
Estas técnicas estão dentro de uma subárea da estatística, a Estatística Centrográfica, que surge como método de análise regional no século XIX nos Estados Unidos e, originalmente, preocupada com a distribuição de populações humanas (Sviatlovsky e Eells, 1937). E que tem por objetivo principal a união das técnicas de representação e visualização espacial com os

¹¹ Estes procedimentos estatísticos realizaram-se por meio do ArcGIS.

procedimentos estatísticos clássicos (médias aritmética e ponderada, desvio padrão,...), de forma a melhorar as técnicas estatísticas para a análise regional. Em outras palavras, estas técnicas são equivalentes em duas dimensões (no espaço) da estatística descritiva clássica para o tratamento de dados isolados (análise univariada). A estatística espacial proporciona a inclusão na análise da dimensão espacial – distância, vizinhança, proximidade –, que é substancialmente diferente das análises univariadas ou multivariadas da estatística clássica.

Estes procedimentos, portanto, visam providenciar medidas básicas da distribuição espacial de pontos que representam fenômenos sociais ou econômicos da realidade. Nesse sentido, como a unidade espacial neste trabalho é o município, portanto representado espacialmente por um polígono e não um ponto, deve-se proceder na transformação dos municípios/polígonos em pontos, mais especificamente nos respectivos centróides que são os centros geométricos ou gravitacionais (Figura 2).

Figura 2 – Representações dos municípios gaúchos: (a) malha municipal (polígonos) e (b) respectivos centróides (pontos) dos municípios



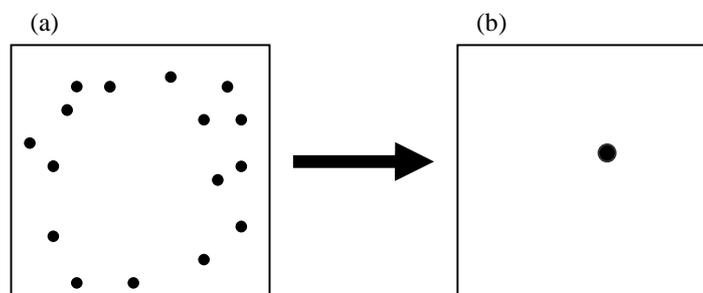
Os métodos aqui apresentados, em termos gerais, podem auxiliar na determinação de padrões, de tendências ou de relações da distribuição. Em termos específicos, visam responder as seguintes perguntas com respeito à distribuição espacial de certos fenômenos (dados quantitativos): onde está o centro? Como os dados estão dispersos ao redor do centro? Além disso, o uso destes métodos é indicado para a realização de comparações entre distribuições de diferentes elementos, por exemplo, de homens e de mulheres, ou entre distribuições ao longo do tempo.

2.1 – Centro médio

O centro médio (ou centro espacial) de um conjunto de unidades espaciais, no caso desta pesquisa os municípios de 1970, é um ponto imaginário, georreferenciado, que representa o centro da distribuição (ou centro de gravidade) (Figura 3). Ele seria o equivalente à média aritmética da

estatística clássica. E serve, principalmente, para descobrir mudanças na distribuição ao longo do tempo.¹²

Figura 3 – Desenho esquemático (a) de distribuição de pontos e (b) do respectivo centro médio



Os centros médios são obtidos, conforme Ebdon (1985), por meio do cálculo das médias das coordenadas X (longitudes) e Y (latitudes) dos centróides dos municípios, como descrito a seguir:

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right)$$

Em que:

- \bar{x} : coordenada X (longitude) do centro médio;
- \bar{y} : coordenada Y (latitude) do centro médio;
- x_i : coordenada X (longitude) do centróide do município "i";
- y_i : coordenada Y (latitude) do centróide do município "i";
- n : número de centróides (municípios).

As coordenadas do centro médio minimizam a soma das distâncias quadráticas entre ele próprio e cada um dos centróides. Matematicamente, o centro médio minimiza o seguinte somatório:

$$\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2]$$

Entretanto, o centro médio indica, simplesmente, o centro da distribuição das localizações dos centróides, portanto considerando tão-somente a dimensão espacial, não indicando nada sobre a distribuição de algum dado ou informação estatístico. Porém, da mesma forma que há a média ponderada na estatística clássica, pode-se calcular o centro médio de pontos ponderado e, portanto,

¹² Este procedimento estatístico é utilizado, por exemplo, pelo *Census Bureau* dos Estados Unidos, instituição responsável pelos censos demográficos naquele país, que calcula o centro médio de população norte-americana, a cada censo, desde 1790 (Geography Division, 1991).

representar também o comportamento espacial de alguma informação quantitativa (população, PIB, renda,...), ou seja, a cada coordenada de cada centróide são associados certos fatores de ponderação ou pesos (variáveis), o que satisfaz os objetivos deste trabalho. Em termos matemáticos:

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n p_i x_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \frac{\sum_{i=1}^n p_i y_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \right)$$

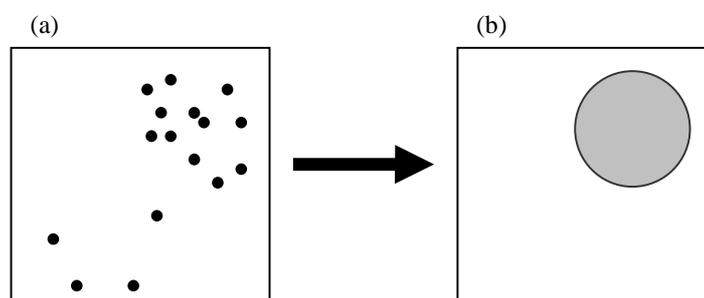
Adicionalmente a equação apresentada anteriormente:

p_i : valor de ponderação (peso) correspondente ao centróide (município) "i".

2.2 – Distância padrão

De maneira complementar ao centro médio, a distância padrão é uma medida do grau de concentração ou de dispersão da distribuição espacial de pontos em torno do centro médio. Este valor é uma distância que equivale ao raio de um círculo com o ponto central localizado no centro médio da distribuição. O desvio padrão de uma variável, da estatística clássica, seria o equivalente à distância padrão (em duas dimensões). Por conseguinte, quanto maior a distância padrão (e o círculo respectivo) de uma distribuição de pontos, maior será a dispersão destes pontos em torno do respectivo centro espacial; e, contrariamente, quanto menor a distância padrão, maior será a concentração dos pontos em torno do centro (Figura 4).

Figura 4 – Desenho esquemático (a) de distribuição de pontos e (b) do respectivo círculo com raio de uma distância padrão



Matematicamente, a distância padrão representa o desvio padrão das distâncias de cada ponto com o centro médio da distribuição. E a equação que a define é a seguinte:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

Em que:

- S_{xy} : distância padrão;
- \bar{x} : coordenada X (longitude) do centro médio;
- \bar{y} : coordenada Y (latitude) do centro médio;
- x_i : coordenada X (longitude) do centróide do município “i”;
- y_i : coordenada Y (latitude) do centróide do município “i”;
- n : número de centróides (municípios).

Da mesma maneira que o centro médio, a distância padrão somente tem utilidade para esta pesquisa na sua forma ponderada pelos dados em questão (população, PIB e renda). E a equação é a seguinte:

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^n p_i (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n p_i}}$$

Adicionalmente a equação anterior:

p_i : valor de ponderação (peso) correspondente ao centróide do município “i”.

Entretanto, a distância padrão não leva a qualquer conhecimento a respeito da direção da distribuição, a exemplo de uma direção ou eixo preferencial de distribuição da população; para este fim utiliza-se o método das elipses de desvio padrão, tratado na seção seguinte.

2.3 – Elipse de desvio padrão¹³

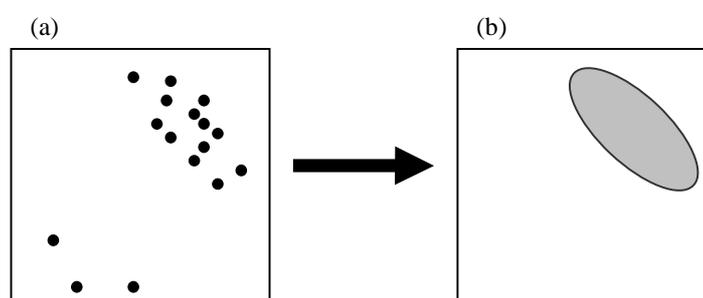
Como destacado anteriormente, a distância padrão é considerada uma medida interessante e simples da dispersão das informações pontuais ao redor do centro médio, porém, ela não permite fazer qualquer consideração sobre a direção da distribuição, isto é, não mostra a “forma” da distribuição. Assim, a técnica da elipse de desvio padrão proporciona o conhecimento da dispersão espacial em dois sentidos: densidade (ou compacidade) e orientação; portanto, proporciona o conhecimento da natureza da distribuição dos dados na sua assimetria (em diferentes direções). Esta

¹³ O autor agradece as indicações e as explicações gentilmente cedidas (via e-mail) por Lauren M. Scott, especialista da ESRI, e Ned Levine, responsável pela criação do *software* CrimeStat (para análise espacial de crimes).

técnica, dessa forma, auxilia a identificação da tendência de uma distribuição de pontos, muito útil para a comparação de distribuições e em diferentes períodos de tempo.

Cada elipse é determinada por meio de três parâmetros: ângulo de rotação, dispersão ao longo do maior eixo e dispersão ao longo do menor eixo. O eixo maior define a direção de máxima dispersão da distribuição, enquanto o menor eixo é perpendicular ao eixo anterior e define a mínima dispersão (Figura 5).

Figura 5 – Desenho esquemático (a) de distribuição de pontos e (b) da respectiva elipse de desvio padrão



Além disso, pode-se definir o número de desvios padrão para representar a abrangência da elipse de desvio padrão, que pode ser de um, dois ou três desvios. Assim, para uma distribuição de tipo normal dos pontos dos dados ao redor do centro médio tem-se que: uma elipse de um desvio padrão cobrirá, aproximadamente, 68% dos centróides do espaço analisado; de dois desvios padrão cobrirá, aproximadamente, 95% dos centróides; e de três desvios padrão cobrirá, aproximadamente, 99% dos centróides. Vale ressaltar que para o método ponderado de elipses de desvio padrão, estes percentuais corresponderão, aproximadamente, à parcela do total da variável de ponderação.

Em termos de formulação matemática, a elipse de desvio padrão origina-se da distribuição bivariada que se caracteriza por dois tipos de desvio padrão, nas direções X (longitudes) e Y (latitudes), ortogonais e que definem uma elipse (Ebdon, 1985):

$$\text{Distribuição bivariada} = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2}}$$

Em que: σ_x : desvio padrão na direção X (longitudes);
 σ_y : desvio padrão na direção Y (latitudes).

Contudo, a elipse de desvio padrão é calculada em duas etapas. Na primeira etapa, a orientação dos eixos que define a elipse é calculada de modo que a soma dos quadrados das

distâncias entre os pontos da distribuição e os eixos da elipse seja mínimo. Portanto, obtém-se o ângulo (θ) desta orientação por meio da seguinte equação:

$$\theta = \text{Arc tan} \frac{\left\{ \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right) + \left[\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)^2 + 4 \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right)^2 \right]^{1/2} \right\}}{2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}$$

Em que:

- θ : ângulo de rotação da elipse de desvio padrão;
- \bar{x} : coordenada X (longitude) do centro médio;
- \bar{y} : coordenada Y (latitude) do centro médio;
- x_i : coordenada X (longitude) do centróide do município “i”;
- y_i : coordenada Y (latitude) do centróide do município “i”;
- n : número de centróides (municípios).

Assim, o eixo Y é girado, no sentido horário, pelo ângulo θ (calculado antes). Na segunda etapa para determinar a elipse, são calculados os dois desvios padrões (σ_x , σ_y),¹⁴ utilizando os eixos X e Y girados, por meio das duas equações que seguem:

$$\sigma_x = \sqrt{\left\{ 2 \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \cos \theta - (y_i - \bar{y}) \sin \theta]^2 / n - 2 \right\}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\left\{ 2 \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \sin \theta - (y_i - \bar{y}) \cos \theta]^2 / n - 2 \right\}}$$

Em acréscimo à equação anterior:

σ_x : desvio padrão na direção X (longitudes);

σ_y : desvio padrão na direção Y (latitudes).

Desse modo, a elipse de desvio padrão define-se pelos seguintes parâmetros, além, é claro, do respectivo centro médio que é o centro da elipse:

- ângulo de rotação = θ
- comprimento do eixo X = $2\sigma_x$
- comprimento do eixo Y = $2\sigma_y$

¹⁴ A formulação original da elipse de desvio padrão foi obtida de Ebdon (1985), entretanto, as elipses geradas a partir dela resultavam em elipses de tamanho muito pequeno; este erro foi resolvido para o *software* ArcGIS, conforme a especialista da empresa que produz este programa computacional, Lauren M. Scott. Para corrigir este problema (de subestimação) foi acrescentado o cálculo da raiz quadrada dos desvios dos eixos da elipse, conforme o pesquisador Ned Levine e descrito na documentação do *software* CrimeStat (Levine, 2007).

Além do mais, pode-se proceder ao cálculo ponderado da elipse de desvio padrão da distribuição pontual no espaço. Agora, matematicamente, tem-se

$$\theta = \text{Arc tan} \frac{\left\{ \left(\sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n p_i (y_i - \bar{y})^2 \right) + \left[\left(\sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n p_i (y_i - \bar{y})^2 \right)^2 + 4 \left(\sum_{i=1}^n p_i^2 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right)^2 \right]^{1/2} \right\}}{2 \sum_{i=1}^n p_i^2 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}$$

Adicionando às equações anteriores:

p_i : valor de ponderação (peso) correspondente ao centróide do município "i".

E os dois desvios padrões (σ_x , σ_y), ponderados, são calculados por meio das seguintes equações:

$$\sigma_x = \sqrt{\left\{ 2 \sum_{i=1}^n [p_i (x_i - \bar{x}) \cos \theta - p_i (y_i - \bar{y}) \sin \theta]^2 / p_i \right\}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\left\{ 2 \sum_{i=1}^n [p_i (x_i - \bar{x}) \sin \theta - p_i (y_i - \bar{y}) \cos \theta]^2 / p_i \right\}}$$

E, novamente, tem-se que, com relação ao centro médio respectivo:

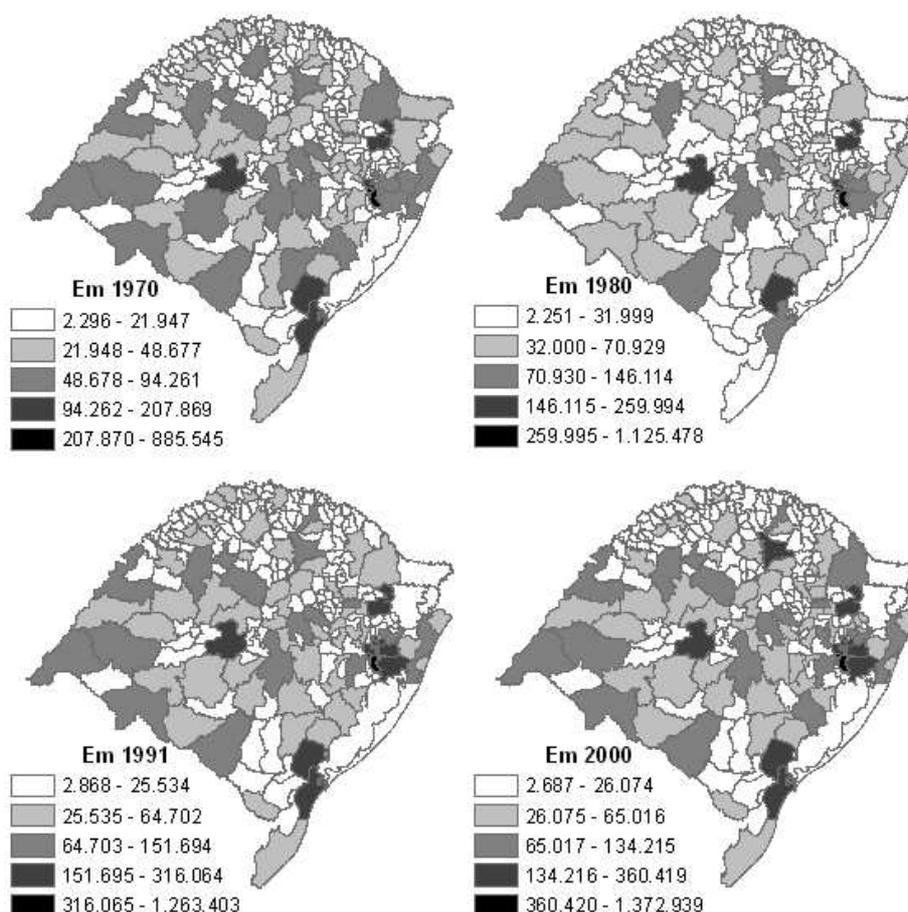
- ângulo de rotação = θ
- comprimento do eixo X = $2\sigma_x$
- comprimento do eixo Y = $2\sigma_y$

3 – Distribuição geográfica dos dados

3.1 – População

A distribuição espacial da população gaúcha, no período de 1970 a 2000, é mostrada na Figura 6. Percebe-se que a capital gaúcha (à direita nos mapas) é em todos os anos o município de maior destaque, sobretudo, a Região Metropolitana de Porto Alegre nos dois períodos finais. Além do mais, ressaltam-se os municípios de Caxias do Sul (à direita no mapa, ao norte de Porto Alegre), Santa Maria (praticamente no centro do mapa), Rio Grande/Pelotas (ao sul do Estado) e, Passo Fundo (ao norte do Estado) no último ano analisado.

Figura 6 – Distribuição espacial da população (hab.) do Rio Grande do Sul pelo método de “quebras naturais” (Jenks)¹⁵ – 1970-2000



Apesar da interessante visualização dos dados, a Figura anterior não possibilita uma interpretação satisfatória e fácil dos dados em função da complexidade das informações. Assim, passa-se a utilizar métodos que generalizam espacialmente as informações e, portanto, facilitam sua interpretação em termos gerais.

Primeiro, foram determinados os centros médios (ponderados) da população do Estado, ou seja, os pontos imaginários que representam os centros de gravidade da população em cada período

¹⁵ O método de classificação de dados de “quebras naturais” (ou método de Jenks) utiliza um algoritmo iterativo que procura reduzir a variância dentro dos grupos e maximizar a variância entre os diferentes grupos. Em outras palavras, as quebras ocorrem nos pontos mais baixos dos “vales” do histograma dos dados. A maior vantagem do método é que ele considera explicitamente a distribuição dos dados. De outro lado, a desvantagem do método é a dificuldade de entendimento da lógica para a maioria dos usuários do mapa; além disso, os valores da legenda da classificação (intervalos das classes), geralmente, parecem não ser intuitivos. De qualquer maneira, este método foi utilizado aqui em razão da capital do Estado, Porto Alegre, possuir valores muito discrepantes (maiores) em comparação ao restante dos municípios (característica de um *outlier*), em quase todos os tipos de informações utilizados, e, diferentemente de outros métodos de classificação (quantis, intervalos iguais, desvio padrão), este método discrimina a capital gaúcha (*outlier*) do restante das municipalidades. Ver ESRI (2006).

analisado (Tabela 1). Em resumo, no ano de 1970 o centro médio localiza-se no interior do atual município de Sinimbu, em 1980 no município de Santa Cruz do Sul, e nos anos de 1991 e 2000, no município de Venâncio Aires.

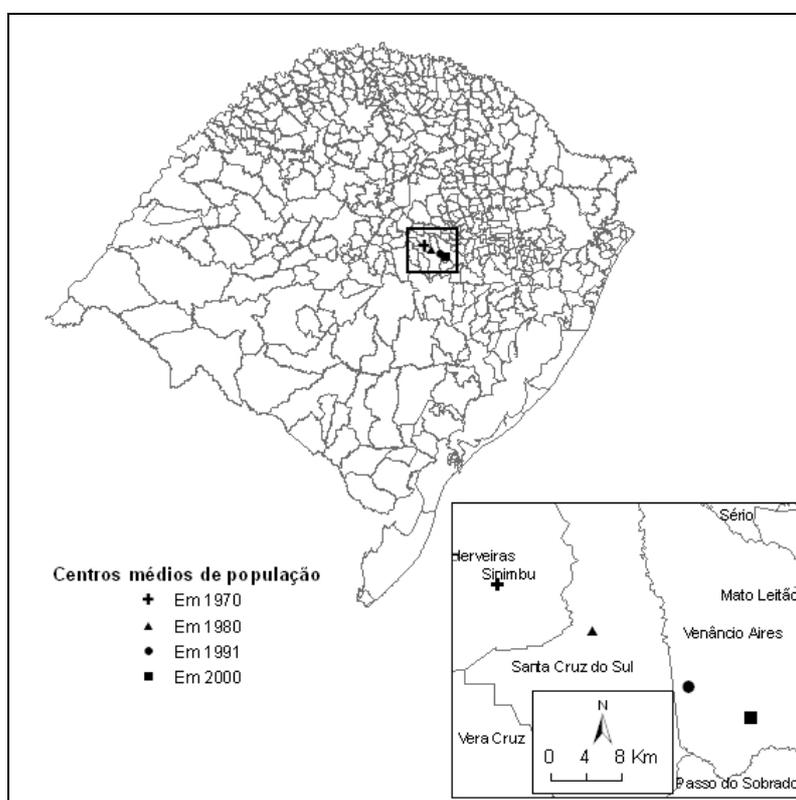
Tabela 1 – Centros médios de população do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Longitude Oeste	Latitude Sul	Localização aproximada atual
1970	52°31' 30"	29°29' 39"	Município de Sinimbu
1980	52°24' 57"	29°32' 45"	Município de Santa Cruz do Sul
1991	52°18' 11"	29°36' 09"	Município de Venâncio Aires
2000	52°13' 49"	29°38' 13"	Município de Venâncio Aires

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

A partir destes centros no espaço do Estado (Figura 7), verifica-se o comportamento de deslocamento geral da distribuição populacional entre os anos censitários. Assim, entre os anos de 1970 e 1980, o centro médio populacional deslocou-se 11,8 km no sentido Sudeste; entre 1980 e 1991, deslocou-se 12,6 km no sentido Sudeste; e entre 1991 e 2000, 7,8 km no sentido Sudeste também. Portanto, nas décadas iniciais (1970 a 1991) o deslocamento de população, em termos gerais, foi mais intenso do que na década final (1991-2000). E, em todos os períodos, no sentido Sudeste do Estado; comportamento, certamente, influenciado pelo acréscimo de população na Região Metropolitana de Porto Alegre, sobretudo, no município de Porto Alegre.

Figura 7 – Centros médios de população do Rio Grande do Sul – 1970-2000



Além disso, a distância padrão (ponderada) de população, medida de concentração/dispersão da distribuição espacial a partir do respectivo centro médio populacional, indica uma (fraca) tendência de concentração ao longo do período analisado. Com efeito, na Tabela 2 pode-se verificar que, de 1970 até 2000, houve uma redução total de 10 km da distância padrão populacional, sendo que a redução mais acentuada (de 3,8 km) ocorreu entre 1980 e 1991.

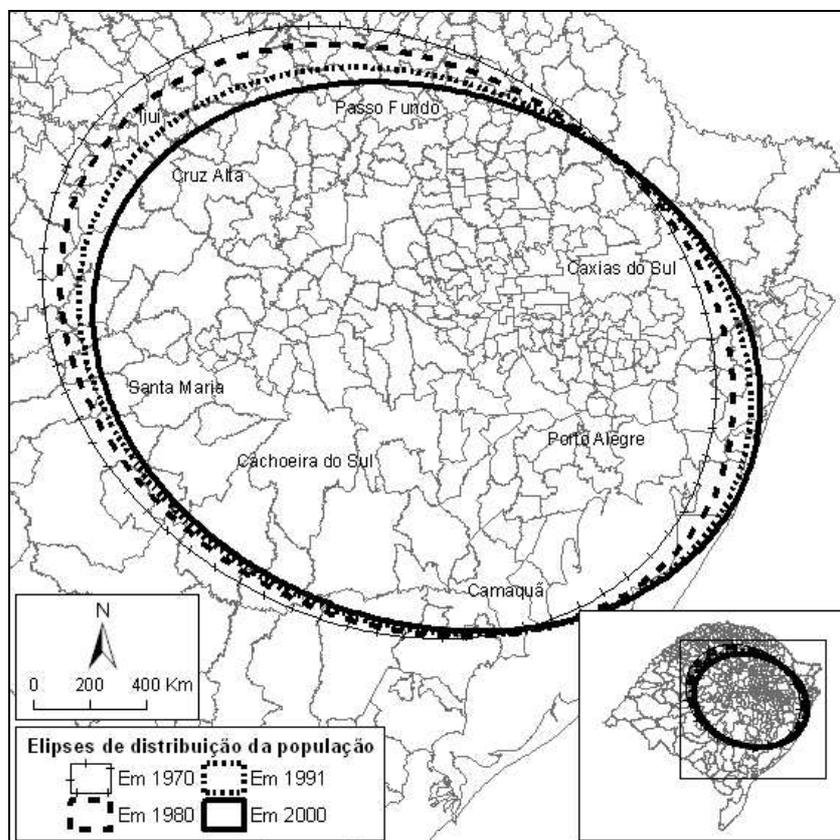
Tabela 2 – Distância padrão da população do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão (km)	Diferença da distância padrão entre os anos (km)
1970	193,5	...
1980	190,5	- 3,0
1991	186,7	- 3,8
2000	183,5	- 3,2

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

Por fim, procede-se a construção das elipses de desvio padrão que, além de indicarem a localização da concentração populacional, indicam a orientação geral da distribuição espacial da população nos diferentes anos. Ao analisar as elipses (Figura 8), verifica-se, primeiro, que a população está concentrada no espaço (das elipses) delimitado pelo município de Porto Alegre e Região Metropolitana de Porto Alegre, no extremo Leste das elipses; pelo o município de Santa Maria, no extremo Oeste das elipses; por Passo Fundo, no extremo Norte; e por Camaquã, no extremo Sul. Além desses, estão nesse espaço, e merecem destaque, o município de Caxias do Sul e a região da Serra, o município de Cruz Alta o município de Cachoeira do Sul, entre outros.

Figura 8 – Elipses de desvio padrão da população do Rio Grande do Sul – 1970-2000



Apesar das formas das elipses serem quase circulares, o que indica que não há um eixo direcional muito proeminente da distribuição da população, podem-se perceber algumas tendências mesmo que tênues (Figura 8). Em todo o período, o eixo direcional da distribuição espacial da população está na direção Noroeste/Sudeste e, além disso, as elipses estão se deslocando no sentido Sudeste do Estado (do mesmo modo que os respectivos centros médios) (Figura 8 e Tabela 3). Ou seja, a população está preferencialmente distribuída neste eixo e desloca-se, em termos gerais, neste sentido. Percebe-se, também, uma leve tendência de concentração da população, como se pode verificar na redução, ao longo do tempo, das distâncias padrão dos eixos (X e Y) (Tabela 3) em outras palavras, a redução da área das elipses (distribuição).

Tabela 3 – Elipses de desvio padrão da população do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão em X (km)	Distância padrão em Y (km)	Rotação (graus decimais)	Parcela da população na elipse (%)*	Número de municípios na elipse*
1970	212,0	173,0	122,5	61,5	123
1980	211,5	166,8	119,7	63,3	119
1991	207,6	163,1	113,9	66,4	115
2000	204,4	159,9	110,2	68,4	113

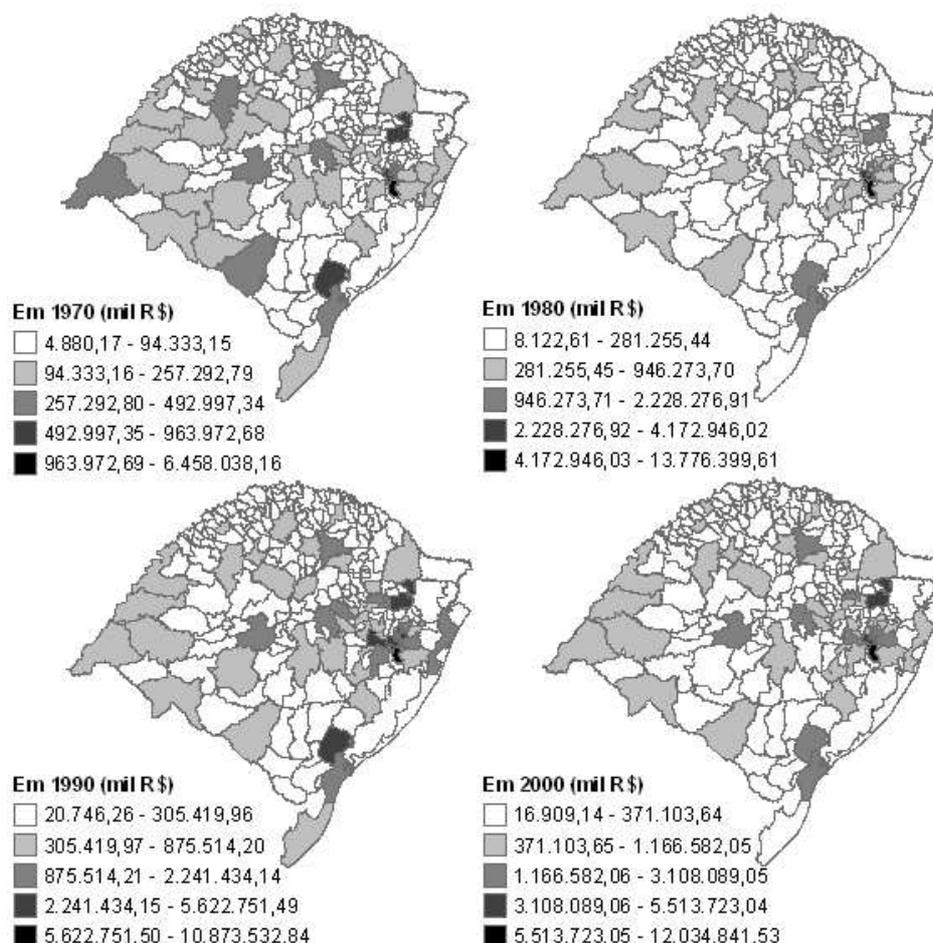
FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

NOTA * - Informações referentes aos centróides dos municípios que estão dentro da respectiva elipse de desvio padrão.

3.2 – PIB

Na Figura 9 é mostrada a distribuição espacial do PIB total municipal no período em estudo. Do mesmo modo que a população, o destaque (maior valor) é, em todos os anos, Porto Alegre. Logo após esse, destacam-se os municípios de Caxias do Sul, Pelotas, Rio Grande, Santa Maria, Passo Fundo e alguns da Região Metropolitana de Porto Alegre. Vale a pena lembrar que se percebe uma perda relativa, ao longo do período analisado, do PIB dos municípios da parcela entre o Sul e o Oeste do Estado em relação, sobretudo, ao eixo Porto Alegre/Caxias do Sul.

Figura 9 – Distribuição espacial do PIB do Rio Grande do Sul pelo método de “quebras naturais” (Jenks) – 1970-2000.



Os centros médios ponderados pelo PIB dos municípios estão localizados no município de Venâncio Aires e proximidades (ver Tabela 4). Porém, o mais interessante verifica-se no deslocamento do PIB ao longo do período do estudo.

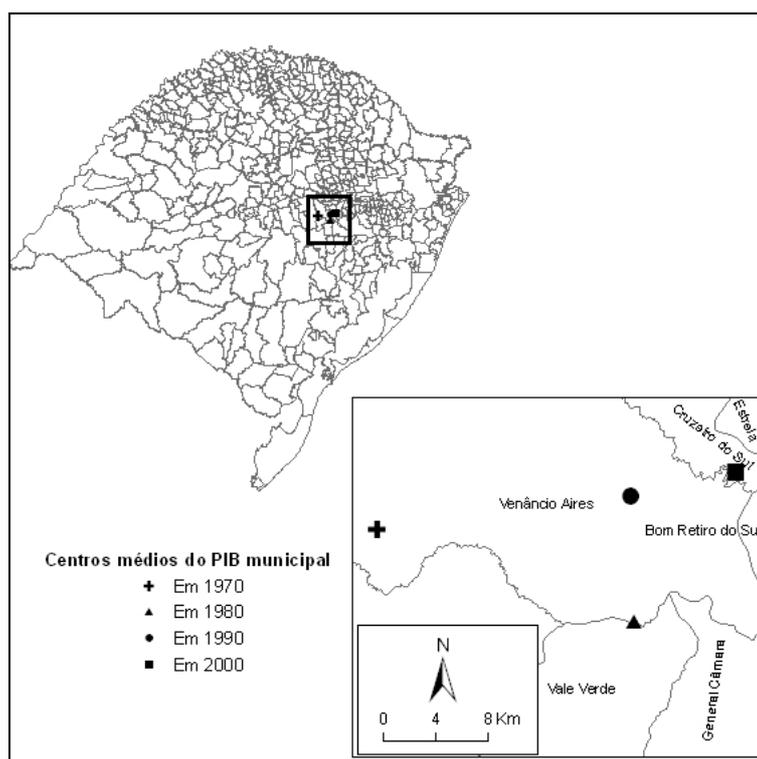
Tabela 4 – Centros médios de PIB do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Longitude Oeste	Latitude Sul	Localização aproximada atual
1970	52°16' 05"	29°39' 18"	Município de Venâncio Aires
1980	52°03' 52"	29°43' 26"	Limite entre os municípios de Venâncio Aires e Vale Verde
1990	52°03' 54"	29°38' 07"	Município de Venâncio Aires
2000	51°59' 00"	29°37' 06"	Município de Cruzeiro do Sul

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

Assim, ao analisar o comportamento dos centros médios do PIB, nos diferentes anos, fica evidente que ele é errático, tanto na sua intensidade quanto no deslocamento espacial (Figura 10). Em relação à intensidade da mudança, o que se observa nas distâncias de um centro médio para o correspondente ao período seguinte, verifica-se que entre os anos de 1970 e 1980 ocorre a mudança mais intensa que foi de 21 km, enquanto que nos outros pares de décadas foi bem menor: entre 1980 e 1990, de 10 km e entre 1990 e 2000, de 8,2 km (a menor); portanto, na década inicial houve, até mesmo, um deslocamento geral do PIB mais intenso do que nas duas décadas seguintes somadas. Além do mais, em termos dos rumos dos deslocamentos desses centros, observa-se que de 1970 a 1980, a mudança foi no sentido Leste-sudeste do Estado; diferentemente do anterior, na década seguinte (1980 a 1990), o deslocamento foi no sentido Norte; e, mudando novamente, de 1990 a 2000, o sentido foi Leste-nordeste. Por conseguinte, conclui-se que a distribuição espacial geral do PIB no Estado sofreu mudanças importantes ao longo do período estudado.

Figura 10 – Centros médios de PIB do Rio Grande do Sul – 1970-2000



De outro lado, verifica-se um comportamento regular com respeito à medida de dispersão espacial do PIB – a distância padrão (Tabela 5). Observa-se, em primeiro lugar, que não houve modificações tão significativas no período analisado. Mesmo assim, o ano de 1970 é o que apresenta a maior dispersão espacial do PIB no período (distância padrão de 182,8 km), e a maior concentração encontra-se no ano final, em 2000 (distância padrão de 163,3 km). O que ocorre, em verdade, é uma

redução gradual da distância padrão ao longo do período, isto é, há uma tendência de concentração espacial do PIB nos municípios; uma concentração, vale a pena ressaltar, um pouco mais intensa do que a correspondente à população.

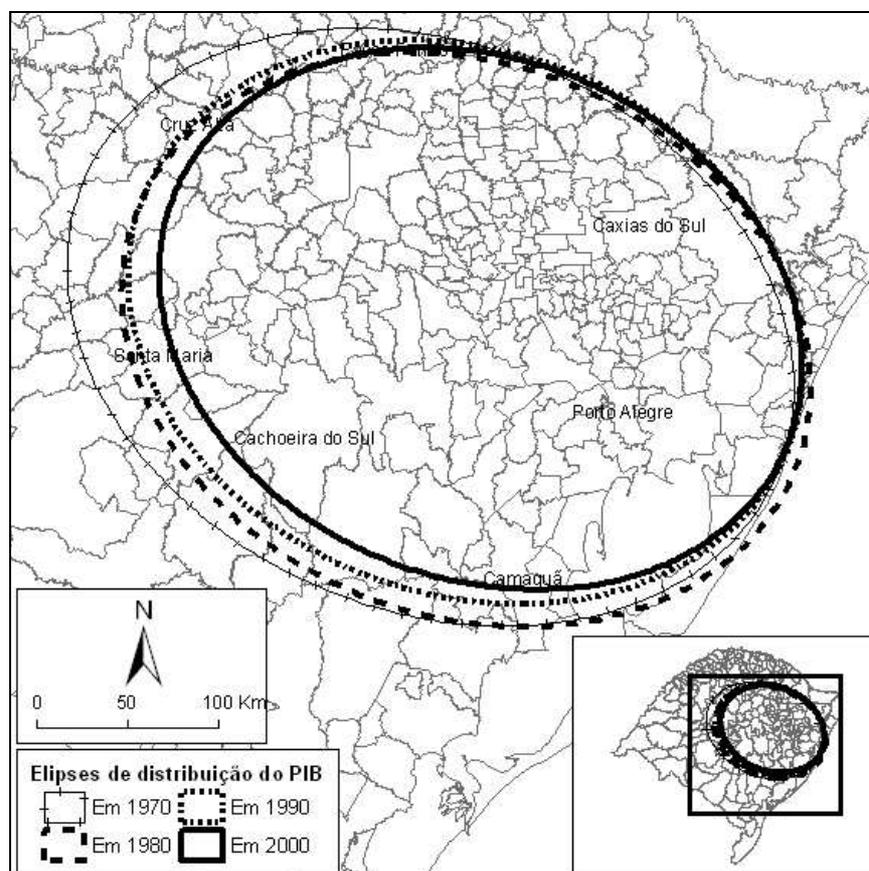
Tabela 5 – Distância padrão do PIB do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão (km)	Diferença da distância padrão entre os anos (km)
1970	182,8	...
1980	174,1	- 8,7
1990	170,8	- 3,3
2000	163,3	- 7,5

FORNTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

As elipses de desvio padrão ponderadas pelo PIB mostram que a distribuição espacial desta variável está, especialmente, concentrada no espaço demarcado pelo município de Porto Alegre e Região Metropolitana de Porto Alegre, no extremo Leste das elipses; pelo município de Santa Maria, no extremo Oeste das elipses; por Passo Fundo, no extremo Norte; e por Camaquã, no extremo Sul (Figura 11).

Figura 11 – Elipses de desvio padrão do PIB do Rio Grande do Sul – 1970-2000



Do mesmo modo que as elipses da população, as elipses do PIB possuem formas quase circulares, o que indica a quase inexistência de um eixo direcional preferencial da distribuição espacial do PIB no território gaúcho (Figura 11). Apesar desse fato, o PIB está levemente distribuído no eixo Noroeste/Sudeste das elipses e, além do mais, as elipses apresentam um movimento errático ao longo do período (da mesma maneira que o movimento dos centros médios do PIB), ou seja, entre 1970 e 1980 há um deslocamento considerável no sentido Leste-sudeste do Estado; entre 1980 e 1990 ocorre um deslocamento, menos intenso que o anterior, no sentido Norte; e, entre 1990 e 2000, no sentido Leste-nordeste (Figura 11 e Tabela 6). Adicionalmente, há uma tendência à concentração espacial do PIB, ao longo do tempo, fato evidenciado na diminuição gradual das distâncias padrão dos eixos das elipses (X e Y) (Tabela 6).

Tabela 6 – Elipses de desvio padrão do PIB do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão em X (km)	Distância padrão em Y (km)	Rotação (graus decimais)	Parcela do PIB na elipse (%)*	Número de municípios na elipse*
1970	206,3	155,8	113,6	68,7	112
1980	193,7	152,0	111,7	70,1	103
1990	189,6	149,6	111,2	72,6	105
2000	181,4	142,8	113,1	72,2	102

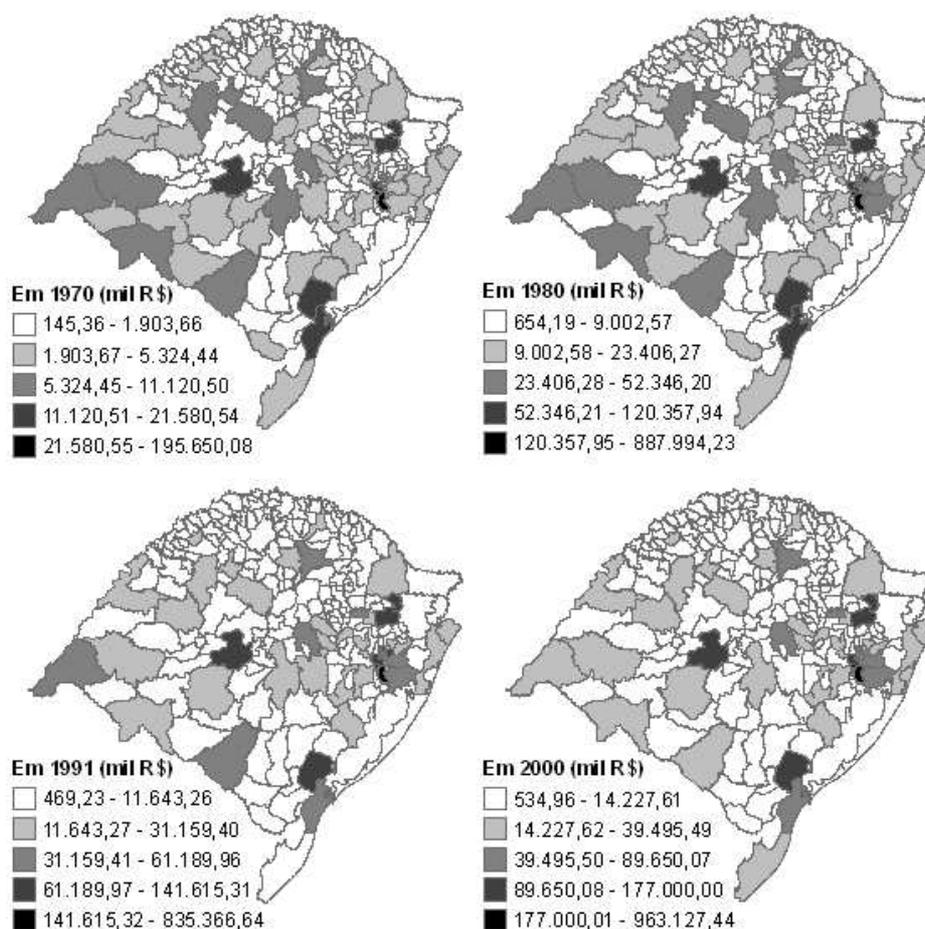
FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

Nota: * - Informações referentes aos centróides dos municípios que estão dentro da respectiva elipse de desvio padrão.

3.3 – Renda mensal

Ao analisar a distribuição espacial da renda mensal municipal no Estado (Figura 12), ressalta-se que, além do fato da capital gaúcha ser a de maior renda em todos os períodos, a faixa do Estado que vai da região Sul até o Oeste do território gaúcho sofreu uma perda de renda importante em relação ao restante do Estado, sobretudo, entre os anos de 1980 e 1991, tendência que continua no período seguinte (1991-2000).

Figura 12 – Distribuição espacial da renda mensal do Rio Grande do Sul pelo método de “quebras naturais” (Jenks) – 1970-2000



Os centros médios de renda mensal estão localizados no município de Passo do Sobrado nos anos de 1970 e 1980, no município de Vale Verde em 1991 e em Venâncio Aires em 2000 (Tabela 7).

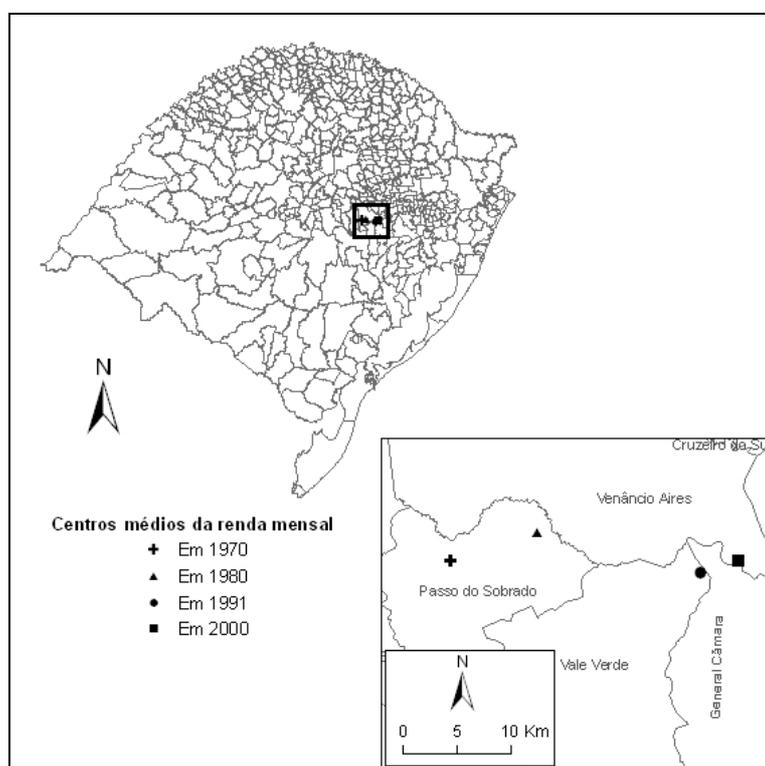
Tabela 7 – Centros médios de renda mensal do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Longitude Oeste	Latitude Sul	Localização aproximada atual
1970	52° 15' 37"	29° 43' 06"	Município de Passo do Sobrado
1980	52° 10' 43"	29° 41' 46"	Município de Passo do Sobrado
1991	52° 01' 25"	29° 43' 45"	Município de Vale Verde
2000	51° 59' 04"	29° 43' 14"	Município de Venâncio Aires

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

Observa-se, no mapa (Figura 13), que a localização dos centros médios é diferenciada, ao longo do tempo. Entre 1970 e 1980, o centro médio de renda desloca-se 8,3 km no sentido Leste-nordeste do Estado; entre 1980 e 1991, o centro médio desloca-se, de modo bem mais intenso, 15,5 km no sentido Leste-sudeste; e, entre 1991 e 2000, desloca-se, o menor deslocamento, apenas 3,7 km a Leste-nordeste, novamente. Entre 1980 e 1991, portanto, ocorre um deslocamento importante na distribuição espacial geral da renda no território gaúcho, e, de outro lado, verifica-se uma tendência de estabilização na distribuição espacial entre 1991 e 2000.

Figura 13 – Centros médios de renda mensal do Rio Grande do Sul – 1970-2000



A distribuição espacial da renda mensal apresenta, ao longo do período, uma tendência de concentração desta variável. Tendência que é demonstrada pelas distâncias padrão ponderadas pela renda (Tabela 8): de 1970 a 2000, o período completo do estudo, a distância padrão tem uma redução de 16,2 km (concentração espacial); em 1970 a distância padrão alcança o maior valor do período analisado (183,5 km) – portanto, maior dispersão espacial –, e, em 2000, o menor valor (167,3 km) – maior concentração espacial. Destaca-se que, entre 1980 e 1991, ocorre a diminuição mais

pronunciada do período, o que se relaciona com a mudança mais significativa encontrada na análise a respeito dos centros médios de renda na mesma década.

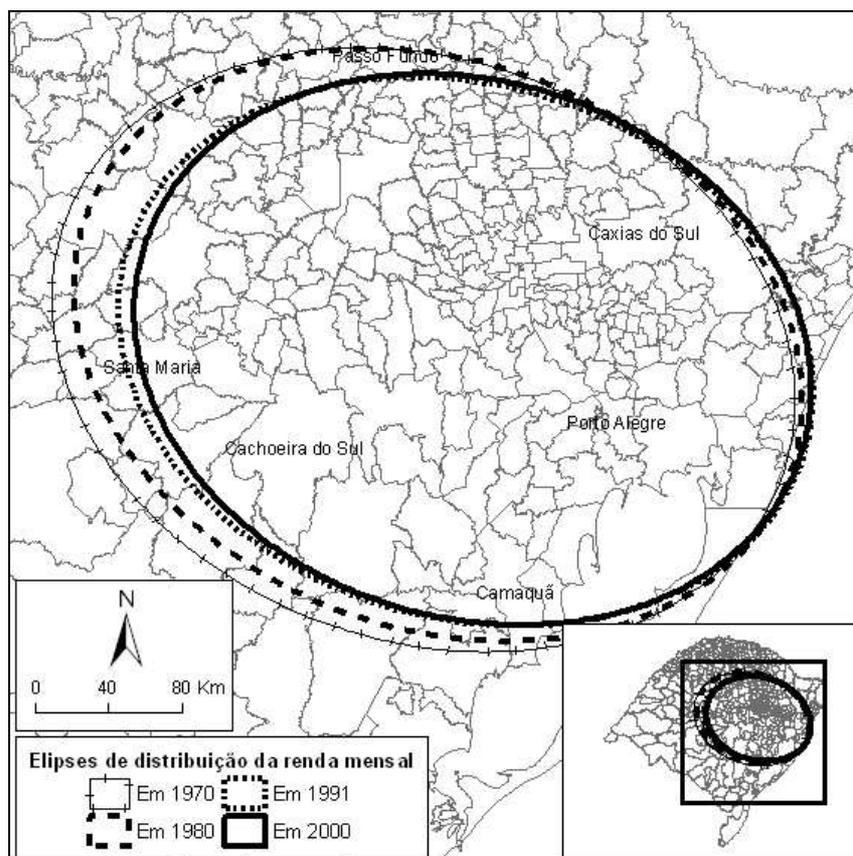
Tabela 8 – Distância padrão da renda mensal do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão (km)	Diferença da distância padrão entre os anos (km)
1970	183,5	...
1980	180,0	- 3,5
1991	169,6	- 10,4
2000	167,3	- 2,3

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

As elipses de desvio padrão da renda mensal definem o espaço que possui como extremos os municípios de Porto Alegre (Região Metropolitana de Porto Alegre) ao Leste das elipses, de Santa Maria ao Oeste das elipses, de Passo Fundo ao Norte e de Camaquã ao Sul (Figura 14).

Figura 14 – Elipses de desvio padrão da renda mensal do Rio Grande do Sul – 1970-2000



As elipses possuem formas quase circulares, o que indica, em termos gerais, uma pequena tendência direcional (eixo) na distribuição espacial da renda no Estado (Figura 14). Essas elipses tendem a distribuir-se preferencialmente na direção Oeste-noroeste/Leste-sudeste (eixo direcional da distribuição espacial); além disso, as elipses estão se deslocando no sentido Leste-sudeste do Estado ao longo dos anos (Figura 14 e Tabela 9). E, de modo geral, a redução das distâncias padrão dos eixos das elipses (X e Y), ao longo do tempo, reforça a tendência de leve concentração espacial da renda mensal no território gaúcho (Tabela 9).

Tabela 9 – Elipses de desvio padrão da renda mensal do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão em X (km)	Distância padrão em Y (km)	Rotação (graus decimais)	Parcela da renda mensal na elipse (%)*	Número de municípios na elipse*
1970	205,8	158,2	110,0	66,4	110
1980	202,7	153,9	111,4	67,9	107
1991	191,0	145,0	106,5	72,3	100
2000	186,3	145,8	107,8	69,9	99

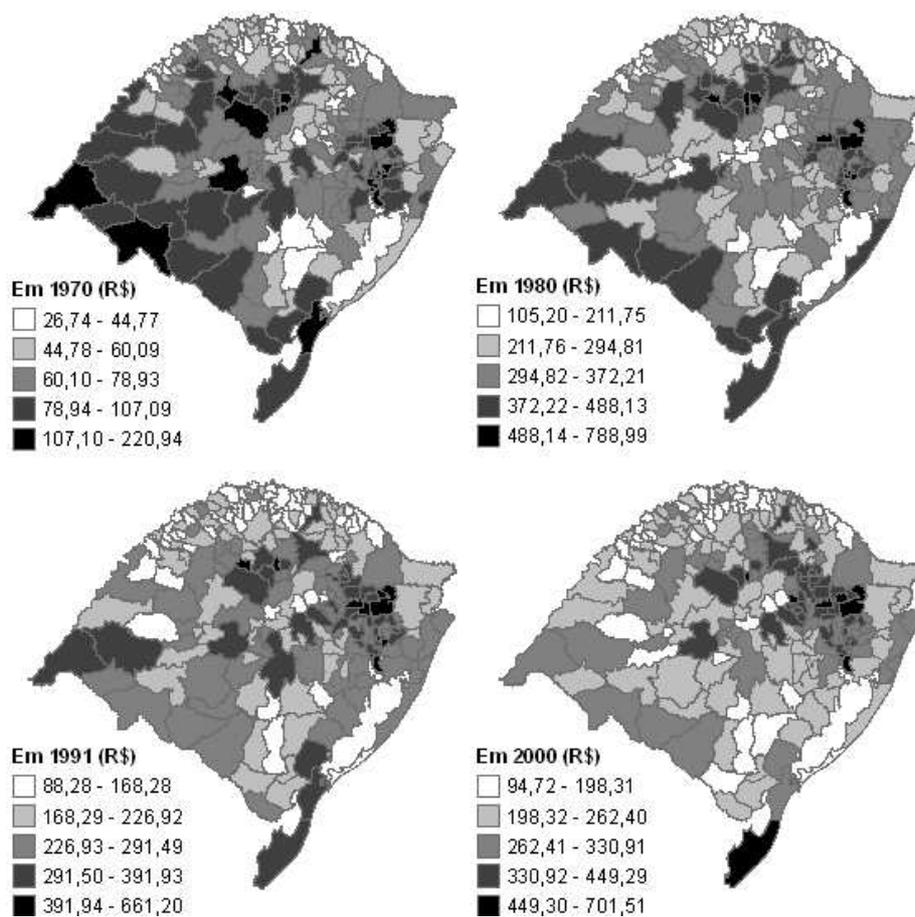
FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

NOTA: * - Informações referentes aos centróides dos municípios que estão dentro da respectiva elipse de desvio padrão.

3.4 – Renda mensal *per capita*

A Figura 15 mostra a distribuição espacial da renda mensal *per capita* municipal no período. Destaca-se, novamente, a perda relativa de importância nessa variável, ao longo do período, na região que compreende a faixa que vai do Sul até o Oeste do Estado, sobretudo, entre os anos de 1980 e 1991. Por outro lado, ressalta-se o ganho de importância relativa dessa variável, no período, na região entre Porto Alegre e Caxias até Passo Fundo, ressaltando que Porto Alegre não se sobressai de forma tão pronunciada como ocorre nas variáveis anteriores.

Figura 15 – Distribuição espacial da renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul pelo método de “quebras naturais” (Jenks) – 1970-2000



Para visualizar melhor esta distribuição espacial vejam-se os centros médios ponderados pela renda mensal *per capita*. Primeiramente, todos os centros médios, nos diferentes anos, estão situados no atual município de Barros Cassal (Tabela 10).

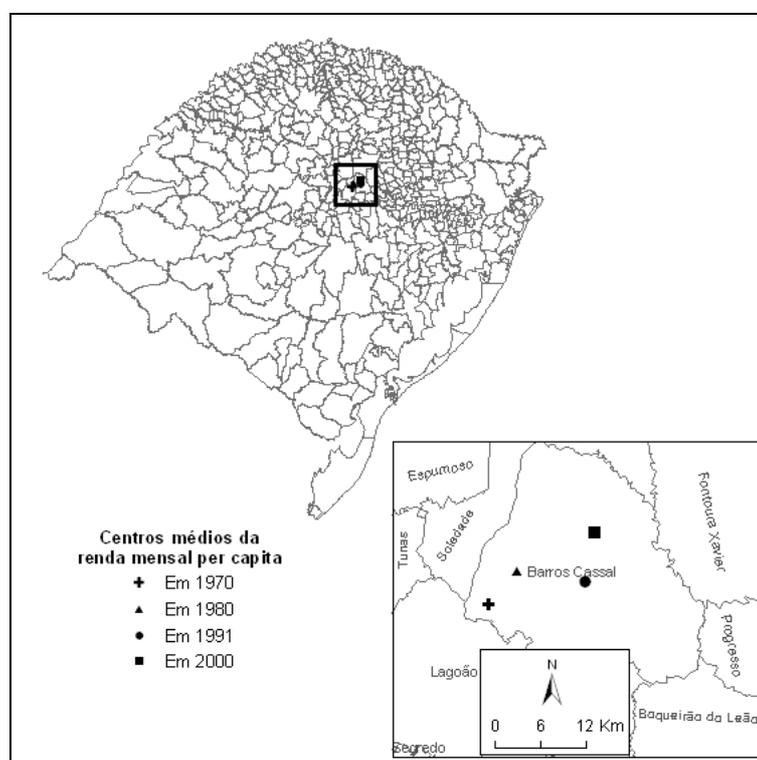
Tabela 10 – Centros médios de renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Longitude Oeste	Latitude Sul	Localização aproximada atual
1970	52°43' 08"	29°08' 48"	Município de Barros Cassal
1980	52°40' 44"	29°06' 36"	Município de Barros Cassal
1991	52°35' 14"	29°07' 19"	Município de Barros Cassal
2000	52°34' 23"	29°03' 48"	Município de Barros Cassal

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

O comportamento da distribuição espacial geral, ao longo do período, da renda por pessoa é quase constante quanto à intensidade dos deslocamentos e diferenciada quanto ao sentido dos mesmos (Figura 16). Em termos de intensidade das mudanças entre os anos censitários, os deslocamentos variam pouco: entre 1970 e 1980, o centro médio desloca-se apenas 5,7 km; entre 1980 e 1991, 8,9 km; e, entre 1991 e 2000, 6,6 km. Em relação aos sentidos dos deslocamentos ocorrem mudanças significativas: de 1970 a 1980, o centro médio desloca-se no sentido Nordeste do Estado; de 1980 a 1991, no sentido Leste-sudeste; e, de 1991 a 2000, no sentido Norte-nordeste.

Figura 16 – Centros médios de renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000



Por outro lado, o cálculo das distâncias padrão nos diversos anos do estudo mostra uma fraca tendência de concentração espacial dessa variável (Tabela 11). De 1970 a 2000, a distância padrão sofre uma redução de 9,3 km, o que comprova a tendência de concentração espacial.

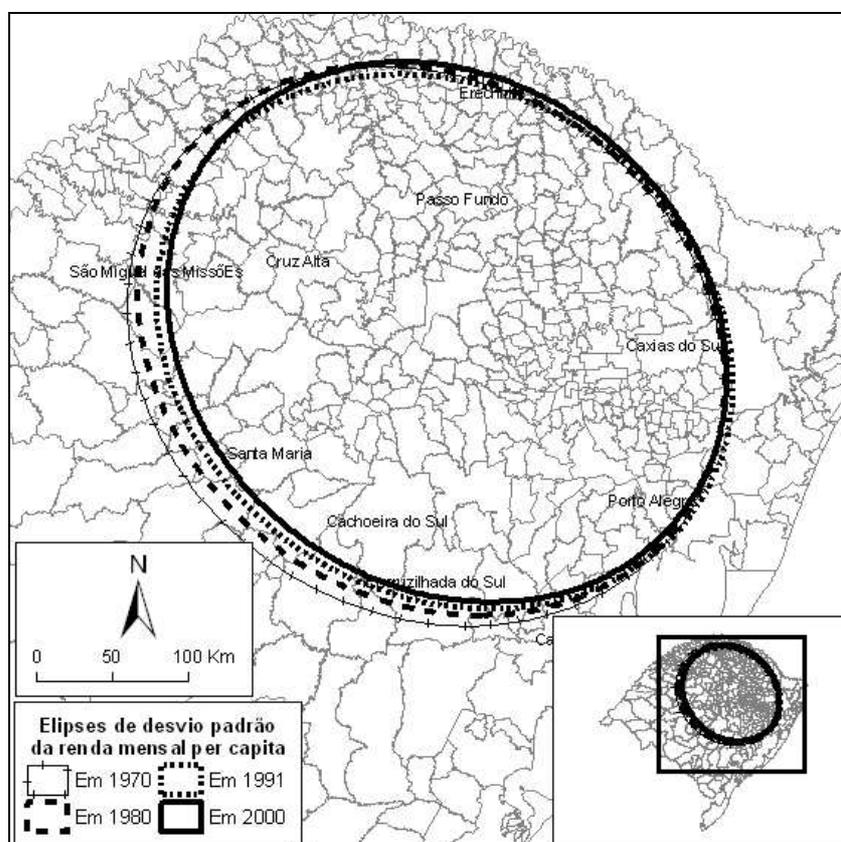
Tabela 11 – Distância padrão da renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão (km)	Diferença da distância padrão entre os anos (km)
1970	191,2	...
1980	188,4	- 2,8
1991	183,9	- 4,5
2000	181,9	- 2,0

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007)

As elipses de desvio padrão da renda *per capita* (Figura 17) mostram concentração, em termos gerais, desta variável no espaço delimitado a seguir: no extremo Leste das elipses, pelo município de Porto Alegre (poder-se-ia considerar Caxias do Sul, também); no extremo Oeste das elipses, pelo município de São Miguel das Missões; no extremo Norte, por Erechim; e no extremo Sul, por Encruzilhada do Sul.

Figura 17 – Elipses de desvio padrão da renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000



A despeito das elipses de desvio padrão possuírem formas quase circulares, essas elipses conformam, levemente, um eixo direcional da distribuição espacial da renda *per capita* na direção Noroeste/Sudeste (Figura 17 e Tabela 12). Além disso, a redução gradual, ao longo do tempo, das distâncias padrão dos eixos (X e Y) das elipses reforça a leve tendência de concentração espacial da renda de 1970 a 2000 (Tabela 12).

Tabela 12 – Elipses de desvio padrão da renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000

Ano	Distância padrão em X (km)	Distância padrão em Y (km)	Rotação (graus decimais)	Parcela da renda mensal <i>per capita</i> na elipse (%)*	Número de municípios na elipse*
1970	205,4	175,9	123,8	64,2	141
1980	203,9	171,4	125,6	64,5	140
1991	198,9	167,5	123,2	64,2	131
2000	196,0	166,5	130,0	65,5	135

FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

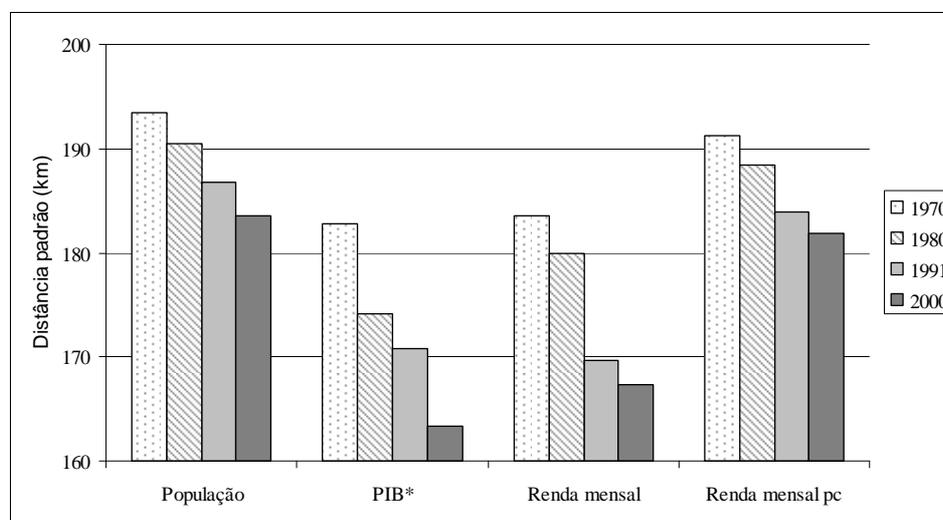
Nota: * - Informações referentes aos centróides dos municípios que estão dentro da respectiva elipse de desvio padrão.

3.5 – Interpretação sintética

Por fim, em termos do conjunto das análises, podem-se fazer algumas considerações interessantes acerca do comportamento das distribuições espaciais dos dados analisados.

Ao analisar a medida de dispersão espacial – a distância padrão – dos quatro tipos de dados abordados, verifica-se que existe uma tendência geral, embora fraca, de concentração espacial da população, do PIB e das rendas mensais total e *per capita*, ou seja, as distâncias padrão de todas as variáveis diminuem ao longo do período (Tabelas 2, 5, 8 e 11). Em comparação, as distâncias padrões dos dados mostram que, de um lado, a população e a renda *per capita* são as variáveis menos concentradas espacialmente e concentram-se de forma mais lenta ao longo dos anos, em especial a primeira, e, de outro, o PIB e a renda total as mais concentradas, sobretudo, a primeira (Figura 18).

Figura 18 – Gráfico das distâncias padrão da população, do PIB, da renda mensal e da renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000



FONTE DOS DADOS BRUTOS: Paiva (2007).

Nota: * - Para o PIB utiliza-se o valor referente ao ano de 1990 e não o de 1991, como para as outras variáveis.

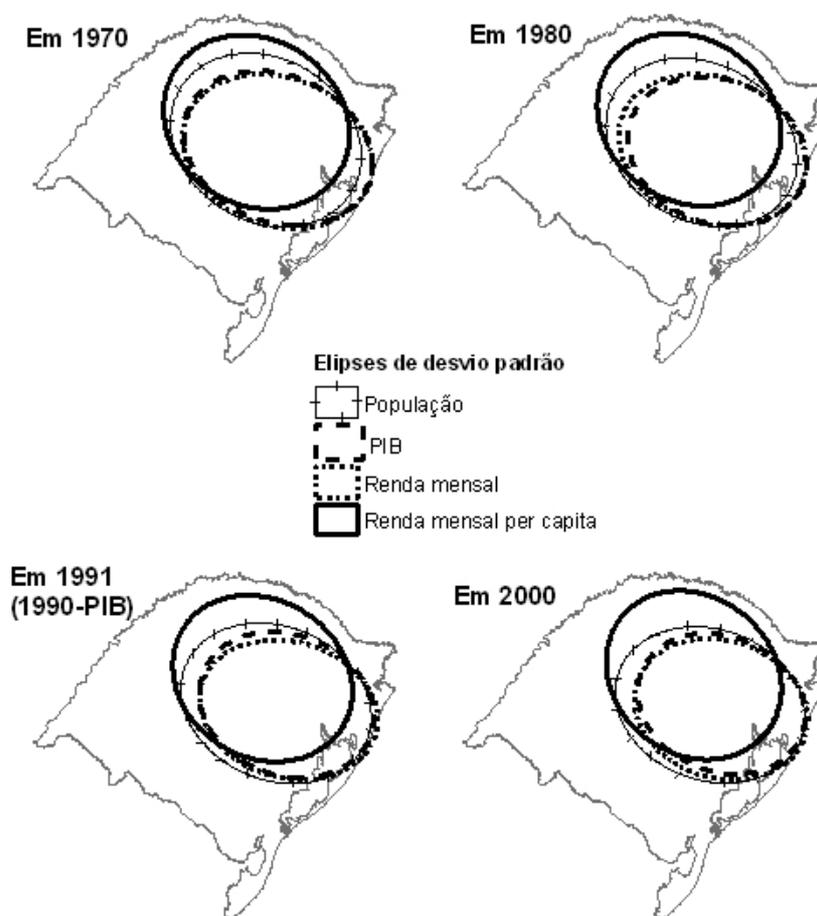
Além disso, a comparação das elipses de desvio padrão do conjunto de variáveis mostra que as distribuições espaciais dos dados são semelhantes (as elipses ocupam espaços parecidos) isto ocorre principalmente em relação ao PIB e à renda mensal total, evidentemente (Figura 19). Apesar disso, verifica-se nesta Figura que a distribuição espacial da população e, sobretudo, da renda *per capita* não possuem elipses tão coincidentes em relação às outras; com respeito às elipses do PIB e da renda total, estas estão deslocadas no sentido Noroeste do Estado.¹⁶ Em outras palavras, estas considerações significam que as maiores parcelas do PIB e da renda total¹⁷ ocupam quase que o mesmo espaço no Estado, ao passo que a maior parte da população e a renda *per capita*¹⁸ ocupam espaços um pouco diferentes: a riqueza (renda total e PIB) não está exatamente situada (distribuída) no mesmo espaço da maioria das pessoas e das maiores rendas individuais (população e renda *per capita*).

¹⁶ No entanto, é importante ressaltar que esta diferença da renda *per capita*, em relação às outras variáveis, se dá, em grande medida, em razão de que nas outras variáveis o município de Porto Alegre (e a respectiva região metropolitana) se sobressai sobremaneira (valores bem maiores do que dos municípios restantes), portanto, "puxando" as elipses de distribuição para esta municipalidade, o que não ocorre para o dado por pessoa.

¹⁷ Em termos específicos, nas elipses de desvio padrão do PIB e da renda mensal total estão localizadas, aproximadamente, de 66% a 72% da quantidade total destas variáveis no Estado gaúcho (Tabelas 3.6 e 3.9).

¹⁸ Nas elipses de desvio padrão da população e da renda mensal *per capita* estão situadas, aproximadamente, de 61% a 68% do total destas variáveis (Tabelas 3.3 e 3.12).

Figura 19 – Elipses de desvio padrão da população, do PIB, da renda mensal e da renda mensal *per capita* do Rio Grande do Sul – 1970-2000



4 – Considerações finais

Como não se pretende neste trabalho encerrar a discussão, o que seria uma grande pretensão, sobre o comportamento da distribuição espacial, nas últimas décadas, da riqueza (economia) e das pessoas (demografia) no Rio Grande do Sul, nesta seção final deseja-se frisar alguns resultados das análises empreendidas aqui e que podem, talvez, servir de base para outras análises que objetivem, sobretudo, a explicação destes resultados. Nesse sentido, este trabalho aponta, de modo geral, para dois eixos de reflexão: de um lado, a propensão de algumas distribuições espaciais à regularidade e, de outro, a tendência de outras à mudança (ou à irregularidade).

Assim, em primeiro lugar, os resultados das análises indicam a regularidade com respeito ao comportamento no deslocamento dos centros médios da população, ou centros de gravidade: em todo

o período estudado estes centros deslocam-se no sentido Sudeste do Estado gaúcho, apontando exatamente para a capital gaúcha e, portanto, a Região Metropolitana de Porto Alegre. Neste caso, parece evidente a influência da região metropolitana. Interessante, em comparação à regularidade anterior, é a quase regularidade do deslocamento dos centros médios da renda mensal: em conjunto, ao longo do tempo, no sentido Sul do Estado, apontando para um ponto médio no eixo Porto Alegre/Caxias do Sul, parecendo indicar o fortalecimento deste eixo com respeito a esta variável.

E, talvez, a mais importante regularidade seja a que indica a tendência de concentração espacial de todas as variáveis analisadas, o que é comprovado pela redução, em diferentes medidas, das distâncias padrão, indicador que mede o nível de concentração/dispersão no espaço. Tal situação conduz à necessidade da realização de uma análise mais aprofundada, mais especificamente, um estudo da dependência espacial destas variáveis, ou seja, da autocorrelação espacial (pesquisa do autor em andamento).

Em relação às irregularidades pode-se frisar o comportamento errático do deslocamento dos centros médios do PIB, situação que, em última instância, proporciona uma representação do comportamento geral desta variável no território gaúcho. Na primeira década (1970-1980), o deslocamento aponta na direção de Porto Alegre e região metropolitana; entretanto, na década seguinte (1980-1990) o deslocamento é para o Norte do Estado, parecendo apontar para a região de Caxias do Sul (uma hipótese); e, na década final (1990-2000), o deslocamento muda, novamente, neste momento direcionado para Leste-nordeste, o que pode indicar, relacionado à hipótese anterior, o fortalecimento do crescimento relativo da região de Caxias do Sul. Interessante, também, é observar os deslocamentos dos centros médios da renda mensal *per capita*: entre 1970 e 1980, o deslocamento vai em direção ao Nordeste do Estado; e, na década seguinte (1980-1991), sofre uma inflexão quase que em direção ao Sul (mais precisamente, Leste-sudeste); e, na década 1991-2000, quase que retoma a tendência da década inicial, na qual, o centro médio toma o sentido Norte-nordeste; o que, talvez, esteja indicando o fortalecimento da renda na região da Serra (Caxias do Sul e seu entorno).

Além destas indicações (hipóteses) que esperam explicações consistentes, podem-se apontar muitas outras a respeito dos resultados das análises apresentadas neste trabalho, sobretudo no campo da análise regional.

Por fim, devem-se ressaltar as capacidades e as possibilidades da interpretação e da análise da realidade objetiva advindas do aporte das técnicas de cunho espacial, do qual, este trabalho, espera-se, seja um interessante exemplar.

5 – Referências bibliográficas

ANSELIN, Luc. **Spatial econometrics: methods and models**. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers, 1988.

- ANSELIN, Luc. **Spatial data analysis with GIS: an introduction to application in the social sciences.** Technical Report 92-10, 1992.
- ANSELIN, Luc; FLORAX, Raymond J. G. M.; REY, Sergio J.. **Econometrics for spatial models: recent advances.** In: _____ (Editors). **Advances in spatial econometrics: methodology, tools and applications.** Berlin: Springer, 2004.
- ANTENUCCI, John C.; BROWN, Kay; CROSWELL, Peter L.; et al. **Geographic Information Systems: a guide to the technology.** New York: Chapman & Hall, 1991.
- DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; CÂMARA, Gilberto; et al. (editores). **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.
- EBDON, David. **Statistics in Geography.** Oxford (UK): Blackwell, 1985.
- GEOGRAPHY DIVISION. **Population and geographic centers.** Washington, U.S. Bureau of the Census, 1991.
- ESRI. **ArcGIS Desktop Help.** Redlandsd (USA): ESRI, 2006.
- IBGE. **Censo Demográfico 1970:** microdados, Rio Grande do Sul; questionário da amostra. Rio de Janeiro, 2003. 1 CD-ROM.
- _____. **Censo Demográfico 1980:** microdados, Rio Grande do Sul; questionário da amostra. Rio de Janeiro, 2004. 1 CD-ROM.
- _____. **Censo Demográfico 1991:** microdados, Rio Grande do Sul; questionário da amostra. Rio de Janeiro, 2006. 1 CD-ROM.
- _____. **Censo Demográfico 2000:** microdados, Rio Grande do Sul; questionário da amostra. 2. ed. Rio de Janeiro, 2002. 1 CD-ROM.
- IPEADATA. **PIB.** Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata? 140212578>>. Acesso em: 20 out. 2006.
- LEVINE, Ned. **CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations (v 3.1).** Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC. March 2007.
- MAGUIRE, David J.; GOODCHILD, Michael F.; RHIND, David W. **Geographical Information Systems.** New York: Longman Scientific & Technical, vol. 1: principles, 1991.
- OAKES, Timothy. Place and the paradox of modernity. **Annals of the Association of American Geographers,** Oxford, vol. 87, n. 3, p. 509-531, 1997.
- PAIVA, Carlos Águedo Nagel (coord.). **RS em mapas e dados:** bases georreferenciadas para a comparação do desempenho socioeconômico dos municípios gaúchos entre 1966 e 2006. Porto Alegre, 2007. CD-ROM.
- PAIVA, Carlos Águedo; PEYRÉ TARTARUGA, Iván G. **Sabedorias e ilusões da análise regional.** Porto Alegre: FEE, 2007. Texto para Discussão FEE n. 5.
- PEYRÉ TARTARUGA, Iván G.; GAZOLLA, Marcio; SCHNEIDER, Sergio. **Segurança alimentar e produção para autoconsumo na agricultura familiar do Rio Grande do Sul.** Relatório de

pesquisa, Projeto “Desenvolvimento Territorial Rural e Segurança Alimentar” (DTRSA), Porto Alegre, nov. 2005.

SOUZA, Marcelo L. de. O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. In: CASTRO, Iná E. de; GOMES, Paulo C. da C.; CORRÊA, Roberto L. (organizadores). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 77-116.

SVIATLOVSKY, E. E.; EELLS, Walter Crosby. The Centrophical Method and Regional Analysis. **Geographical Review**, v. 27, n. 2, p. 240-254, abr. 1937.