

Dependência espacial na localização de loteamentos urbanos: estudo de caso na cidade de Piracicaba-SP

Gracieli Trentin¹

Marcos César Ferreira²

¹ Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Rua Marechal Floriano Peixoto, 2236 - 96170-000 - São Lourenço do Sul - RS, Brasil
gracieli.trentin@furg.br

² Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Caixa Postal 96 - 13416-000 - Campinas - SP, Brasil
mcferre@ige.unicamp.br

Abstract. The aim of this study was to develop a spatial dependence test to demonstrate the spatial process arising from property speculation in the growth of urban morphology, considering the inclusion of new settlements in the period between 1985 and 2010, in the city of Piracicaba, São Paulo State. The methodological development was based on integration of GIS and spatial analysis techniques to prove the hypothesis of non-randomness in the location of urban settlements. From the spatial e non-spatial database of study area to the delimited period of time, was obtained the R scale values (0 to 2.149) by Nearest Neighbor Analysis method. This method allow us to classify the settlements distribution in grouping patterns – values lesser than 1,0 means aggregated patters and values greater than 1,0 means more dispersed patters. The R values to Piracicaba ranged during the time from 0.638 to 1.176 which indicates the trend of spatial patterns aggregation. When we compare these results with the urban sprawl we proved our spatial dependence hypothesis in the settlements location and its influence in urban morphology. The test also allowed to evidence two spatiotemporal patterns in the distribution of settlements that might be explained by the historical development of study area.

Palavras-chave: spatial analysis, image processing, geographic information system, análise espacial, processamento de imagens, sistema e informação geográfica.

1. Introdução

Cidades médias caracterizam-se por apresentar maiores taxas de crescimento urbano e, conseqüentemente, maiores alterações em sua morfologia urbana. Este fato tem sido observado, principalmente nas últimas décadas, quanto às novas tendências de urbanização. Esta dinâmica espacial particular, associada à importância econômica e social desses centros urbanos - que tendem a abrigar parcela significativa de população, em vista dos atrativos de qualidade de vida - constituiu-se em elemento motivador para sua seleção como objeto de estudo.

A forma de expansão das cidades já foi, no passado, direcionada por elementos físicos, como, por exemplo, a posição inicial da ocupação urbana - áreas de vale ou de maior elevação. As características físicas ainda atuam na definição dos eixos de crescimento e expansão de cidades, em maior ou menor nível, a depender das características locais de cada sítio urbano.

Ao longo do processo de expansão urbana, a densidade de ocupação e a aleatoriedade quanto à disposição das estruturas influenciam a morfologia urbana. De acordo com Batty, Fotheringham e Longley (1993), a análise morfológica urbana concebe a cidade como ramificações de estruturas em que os espaços entre estas ramificações apresentam reduzida possibilidade de crescimento, acelerando ainda mais o processo de ramificação. O crescimento ao longo de vias de transporte deixa espaços não ocupados que tendem a diminuir a densidade de ocupação, à medida que aumenta a distância do centro da cidade.

Outra mudança morfológica diz respeito ao crescimento periférico das cidades, com baixa densidade, sendo este processo denominado por vários autores como urbanização dispersa ou difusa. Esta forma de crescimento caracteriza-se pela descontinuidade do tecido urbano,

formando novos núcleos, com diferentes formas de utilização, em pontos isolados, e entre as cidades (Ewing, 1994; Torrens; Alberti, 2000; Reis Filho, 2006).

Ainda de acordo com Reis Filho (2006), estas mudanças são parte de amplos processos de concentração e desconcentração, de fuga dos problemas de congestionamento, que afetam áreas urbanas de maior atividade econômica, além dos custos dos imóveis urbanos, que tendem a ser menores em áreas periféricas ou mesmo em cidades de menor porte, porém próximas a grandes centros urbanos.

Considerando-se esta tendência de mudanças na configuração das formas urbanas, a dependência locacional de novos empreendimentos urbanos, como os loteamentos, tende a influenciar no direcionamento da morfologia urbana. Neste sentido, a distribuição locacional dos empreendimentos urbanos favorece o crescimento periférico das manchas urbanas, sendo este último, influenciado por interesses especulativos, os quais podem, então, contribuir para a maior fragmentação e irregularidade das formas urbanas.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi realizar um teste de dependência espacial ou locacional para mostrar o processo espacial decorrente das ações de interesses imobiliários na expansão da morfologia urbana, a partir da criação de novos loteamentos urbanos, considerando o período compreendido entre os anos de 1985 e 2010. Para este teste metodológico, selecionou-se a cidade de Piracicaba-SP, com população urbana de 356.440 habitantes (IBGE, 2010). A opção por esta área urbana como modelo de estudo associou-se a sua maior proximidade com as áreas metropolitanas de Campinas e São Paulo e pela sua forma urbana alongada, com a presença do rio Piracicaba atuando como uma impedância espacial. Além disso, pelo próprio direcionamento da expansão urbana por parte das vias de circulação e por sua importância como polo regional.

2. Metodologia de Trabalho

Para esta proposta de análise de dependência espacial foram adotados os resultados de mapeamento da mancha urbanizada da cidade de Piracicaba em três datas de análise: 1985, 1995 e 2005 a partir de imagens do satélite LANDSAT, sensor TM (INPE, 2009), conforme pesquisa de Trentin (2012). Na referida pesquisa a obtenção das feições urbanizadas foi realizada a partir dos seguintes critérios: escala de visualização do software ArcGIS fixa em 1:50.000 e delimitação de feições urbanas consolidadas.

O presente estudo de caso foi desenvolvido a partir da base cartográfica do município de Piracicaba, atualizada até o ano de 2011 e dos dados de loteamentos aprovados entre 1985 e 2010, cedidos pelo Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP). Foram considerados somente os dados fornecidos pelo referido instituto, sem pretensões de maior aprofundamento quanto à situação de regularidade ou irregularidade de cada loteamento. Com base na listagem de dados fornecida que contemplava loteamentos aprovados desde a década de 1950, foram selecionados os loteamentos compreendidos no período entre 1985 e 2010. A Tabela 1 mostra o total dos dados de loteamentos para a referida cidade, sendo que para o período previamente delimitado foram identificados 132 loteamentos.

Tabela 1 - Síntese dos dados de loteamentos obtidos para Piracicaba-SP.

Loteamentos entre 1949-2011	Número de loteamentos	% do total
Loteamentos no período entre 1985 e 2010	132	28,51
Loteamentos sem data de aprovação	21	4,54
Demais loteamentos	310	66,95
Total	463	100

A base cartográfica com a distribuição dos loteamentos foi fornecida em formato CAD, sendo necessário exportá-la para o *software* ArcGIS e, conseqüentemente, organizar seu

banco de dados, inserindo a data de aprovação, a correção de nomenclatura e a localização dos loteamentos em nível de bairro.

Para a realização do teste de não aleatoriedade da localização dos loteamentos urbanos e comprovação da existência de dependência locacional, delimitaram-se as seguintes hipóteses:

H0: a localização dos loteamentos é aleatória e não sofre influências locacionais;

H1: a localização dos loteamentos é direcionada por interesses e influencia a morfologia urbana da cidade.

Para esta análise, foi utilizado o método do vizinho mais próximo (*Nearest Neighbor Analysis*), de acordo com metodologia proposta por Taylor (1977). Este método estima o padrão espacial para um fenômeno geográfico e permite classificá-lo de acordo com uma escala de valores, denominada R , que varia de 0 (zero) a 2,149. De acordo com Taylor (1977), este método foi inicialmente desenvolvido e utilizado pelos ecologistas.

A escala R representa padrões de agrupamento que variam do randômico ao regular (Figura 1). De modo geral, valores de R abaixo de 1,0, indicam distribuições que tendem a um padrão agrupado (*cluster*), e valores maiores que 1,0, indicam padrões que tendem à dispersão.

O valor de R é obtido pela relação entre a média de todas as distâncias (ra) e a média das distâncias esperada (re).

$$R = \frac{ra}{re} \quad (1)$$

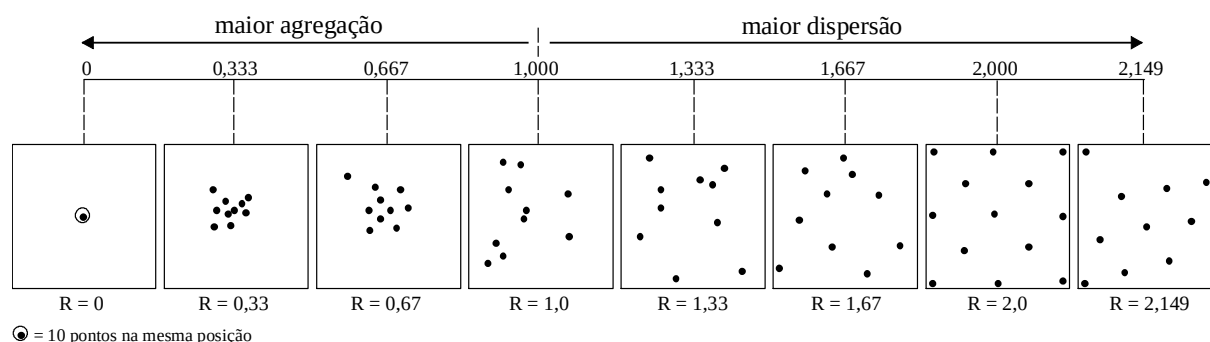


Figura 1 - Representação da escala R .
Fonte: Adaptado de Taylor (1977).

A obtenção dos parâmetros ra e re dependerá do tamanho da área de estudo e da escala de medida utilizada. Para este caso, foi delimitada como área de estudo, o retângulo envolvente ao perímetro urbano de Piracicaba, para o ano de 2009 (IPPLAP, 2012). Em seguida, por meio do arquivo contendo os dados de loteamentos, foram gerados arquivos individuais para cada ano do período em estudo. Todos os produtos foram convertidos para o formato matricial com resolução espacial de 30 m.

O valor do parâmetro re foi obtido pela seguinte relação:

$$re = \frac{1}{2\sqrt{\frac{n}{A}}} \quad (2)$$

em que n é o número de pontos, ou o número de loteamentos em cada ano da série temporal e A é a área em estudo ou a área do retângulo envolvente do perímetro urbano de Piracicaba.

Para obter o valor de ra foi gerada uma superfície de isodistâncias para os dados de loteamentos em cada ano da série temporal, e posteriormente, obtida a média desta superfície, que correspondeu ao Índice de afastamento (Ia) entre os pontos. Este índice varia, portanto, de acordo com as distâncias entre os pontos. Considerando o valor de Ia , o qual é inversamente proporcional a ra ($ra=1/Ia$), foi estimado o valor de R para cada um dos anos que compõem a série temporal. Os resultados obtidos foram confrontados à ocupação urbana do período em estudo.

3. Resultados e Discussão

A análise de padrões espaciais pontuais, em conformidade com o caso em estudo, relaciona-se com a busca pela compreensão de como os pontos que representam o fenômeno estão distribuídos e, se esta distribuição é independente espacialmente. Segundo Hepple (1973), se as variáveis geográficas forem espacialmente independentes e o valor para um lugar não se relacionar aos valores da vizinhança, não haveria ordem ou organização espacial a ser explicada. Os próprios conceitos de diferenciação de áreas e regiões homogêneas não teriam significado.

A independência de padrões espaciais tem sido estudada por geógrafos - principalmente por meio de testes e modelos ecológicos - para padrões de cidades, difusão de inovações (HEPPLE, 1973), temas relacionados ao comércio e indústria, à epidemiologia, entre outros. King (1969) reforça o interesse de muitas áreas da pesquisa geográfica, sobretudo em estudos de difusão espacial, quanto à dinâmica espacial e temporal de padrões pontuais.

Neste estudo, verificou-se que houve, ao longo do tempo, um grande aumento no número de loteamentos inseridos na configuração da mancha urbana de Piracicaba. A Figura 2 mostra o direcionamento quanto à localização espacial dos loteamentos em três momentos: no período entre os anos de 1985 e 2010, no período anterior ao intervalo em análise (1985-2010) e para o ano de 2011.

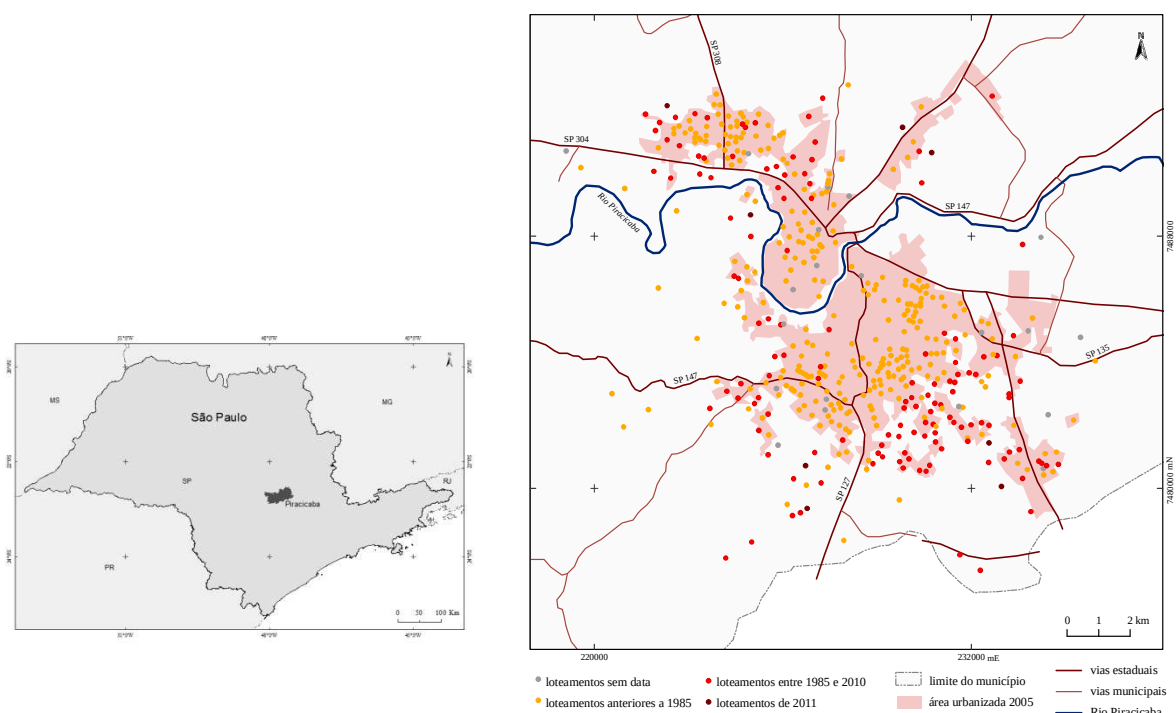


Figura 2 - Distribuição espacial dos loteamentos de Piracicaba-SP, segundo as datas de seus respectivos lançamentos.

As principais vias de circulação parecem ter, conforme a Figura 2, um papel importante na localização de empreendimentos urbanos, uma vez que muitos loteamentos, principalmente no período recente, estão em suas áreas próximas. Além disso, há uma grande concentração de loteamentos no intervalo entre 1985 e 2010, na porção sudeste da cidade. De fato, esta porção territorial foi considerada como área de expansão urbana pelo plano diretor do referido município aprovado em 1995.

O plano diretor indicava também o vetor noroeste como eixo de expansão para a cidade. De acordo com o relatório de revisão deste plano diretor, realizado pelo Instituto Pólis (2003), relativo ao levantamento de implantação de loteamentos aprovados nas últimas décadas, constatou-se que a expansão urbana efetivamente ocorreu nestas áreas, porém também no sentido sul e sudoeste. Isto é verificado pela localização dos loteamentos que constituem a Figura 2, com destaque para os loteamentos do período recente, ou seja, a partir de 1985.

O total de loteamentos lançados entre 1985 e 2010 foi de 132. A frequência temporal (Figura 3) permitiu identificar períodos em que foram observadas maiores e menores inclusões de novos loteamentos. Esta variação na frequência de aprovação pode estar relacionada às condicionantes históricas e socioeconômicas que caracterizam o referido intervalo temporal. A baixa frequência do início dos anos de 1990 pode ter relação com a crise derivada da abertura ao comércio internacional, que resultou na necessidade de um rearranjo econômico a fim de conter o desemprego. Já a maior frequência de loteamentos do período mais recente, pode ser explicada pelo bom momento econômico vivido pelo município.

Piracicaba se destacou como um importante polo produtor de cana-de-açúcar no estado de São Paulo e concentra amplos complexos sucroalcooleiros. Abriga ainda um diversificado parque industrial, com indústrias de grande porte e de tecnologia de ponta, destacando-se nos setores de metalurgia, processamento de alimentos, celulose e têxteis. Possui centros de pesquisa e universidades, cuja atuação é referência nas áreas de agronomia e biotecnologia (SEADE, 2000, citado por Almeida, 2003).

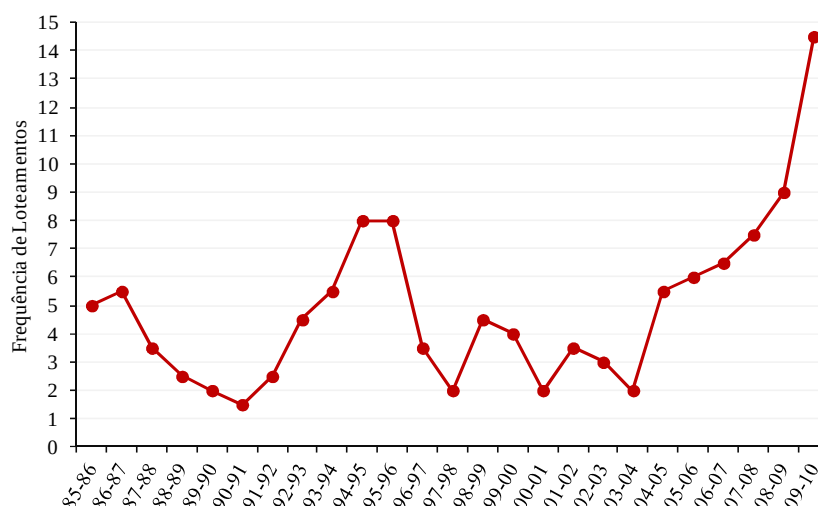


Figura 3 - Curva de frequência absoluta anual de loteamentos aprovados em Piracicaba entre 1985 e 2010, representada pela média móvel.

Considerando-se a distribuição espacial dos loteamentos em cada ano, o teste de dependência espacial aplicado aos dados revelou valores de R que variam de 0,638 até 1,176 (Figura 4), os quais ocorreram, respectivamente, nos anos de 2010 e 1991. Estes resultados indicam que a distribuição locacional dos loteamentos apresenta tendência a padrões agregados (ver Figura 1).



Figura 4 - Distribuição espacial dos loteamentos de Piracicaba entre 1985 e 2010, e respectivos valores de R.

Na Figura 4, está representada a forma urbana de Piracicaba para as três datas de análise desta pesquisa, que compreendem o intervalo temporal deste teste de dependência espacial. A área urbanizada de 1985 está contida nas representações pontuais até o ano de 1994; a área urbanizada de 1995 está contida até o ano de 2004; e a representação da área urbanizada de 2005 até o final da série temporal. Com base nas representações da área urbanizada e na distribuição espacial dos loteamentos em cada ano da série temporal, verificou-se a influência dos loteamentos no direcionamento e na fragmentação da mancha urbana.

Na porção sudeste, a cidade apresentou crescimento mais significativo e de maneira fragmentada. O Instituto Pólis (2003) aponta que o crescimento de forma fragmentada de Piracicaba se iniciou a partir dos anos 1960, atingindo nesta época áreas mais distantes de seu núcleo urbano inicial. Isto ocorreu em razão da abertura de novos loteamentos públicos e privados. Este processo de crescimento espalhado obrigou a extensão progressiva do perímetro urbano e favoreceu também a especulação imobiliária.

A análise integrada das Figuras 4 e 5 possibilitou a comprovação da hipótese de que a evolução dos loteamentos da cidade de Piracicaba não se deu de forma aleatória. A sua distribuição locacional permitiu inferir sobre a influência de interesses quanto a sua implantação. Este padrão espacial agregado - valores de $R < 1,0$ para grande parte dos anos que compõem a série temporal - tendeu a se acentuar no período recente. Assim, no intervalo analisado é possível identificar dois padrões espaciais predominantes, conforme mostra a Figura 5. O padrão A se estende do início da série temporal até o ano de 2003, aproximadamente, onde inicia o padrão B, que se estende até o momento atual.

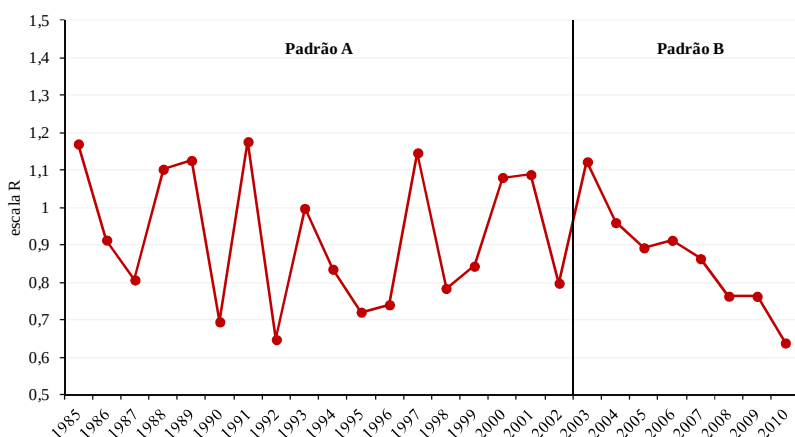


Figura 5 - Dinâmica temporal dos valores de R calculados para a distribuição espacial dos loteamentos de Piracicaba (1985-2010).

A grande variabilidade de R ao longo dos anos que compõem o padrão A está associada à frequência de aprovação de novos loteamentos, aliada a fatores históricos que caracterizaram este período, conforme já mencionado anteriormente. Os valores de R calculados para o padrão histórico B apresentam tendência à agregação espacial e formação de grupos. Isto porque a frequência na inserção de novos loteamentos se tornou maior no período recente, além de se concentrar na porção sudeste (Figura 4), que apresenta características mais fragmentadas de forma urbana e constitui-se em área de expansão da cidade.

De acordo com Taylor (1977), valores de R próximos aos limites da escala são improváveis, uma vez que muitos fatores tendem a influenciar nos padrões espaciais, como vias de circulação, ferrovias, características de relevo e de uso de cada área. Isto é compatível com o caso de Piracicaba.

A inserção de novos loteamentos tende a influenciar na expansão da mancha urbana, uma vez que a quase totalidade dos loteamentos de Piracicaba no período analisado localizou-se

em áreas periféricas da mancha urbana. A confirmação da hipótese de dependência locacional permite afirmar a influência da implantação de novos loteamentos na configuração morfológica das cidades. Então, interesses especulativos podem direcionar a forma urbana.

A possibilidade de generalização deste fato para outras cidades médias é sustentada ainda pelas mudanças que vem ocorrendo nas áreas urbanas, especificamente em sua forma de crescimento, como destaca Reis Filho (2006) ao tratar da urbanização dispersa, e então, da urbanização periférica.

4. Conclusão

Entre os fatores que podem influenciar no crescimento periférico das cidades, está a especulação imobiliária, conforme verificado no teste de dependência espacial da distribuição dos loteamentos urbanos na cidade de Piracicaba entre os anos de 1985 e 2010. Este teste confirmou a não-aleatoriedade na localização dos loteamentos, evidenciando na maioria dos casos valores de R menores que 1,0, indicativos de agregação espacial. Além disso, foi possível perceber a maior concentração de loteamentos nas proximidades de vias de circulação e em áreas de expansão urbana nas áreas periféricas da cidade. Este fato pode ser generalizado para outras cidades médias, considerando as características de evolução das formas urbanas.

Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo), processo n°. 2009/53035-0.

Referências Bibliográficas

- Almeida, C. M. de. **Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP), Brasil**. 2003. 351p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.
- Batty, M.; Fotheringham, A. S.; Longley, P. Fractal geometry and morphology. In: De Cola, L.; Lam, N. S. **Fractals in Geography**. Nova Jersey: Prentice Hall, 1993. p. 228-246.
- Ewing, R. H. Characteristics, Causes, and Effects of Sprawl: A Literature Review. **Environmental and Urban Studies**, v. 21, n. 2, p. 1-15, 1994.
- Hepple, L. The impact of stochastic process theory upon spatial analysis in human Geography. In: Board, C. (Ed.). **Progress in Geography**: international reviews of current research. London: Edward Arnold, 1973. P. 91-142.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- Instituto de Estudos e Assessoria em Políticas Sociais. PÓLIS. **Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba**: relatório I – leitura técnica e participativa. Piracicaba: PÓLIS, 2003. 45 p.
- Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba. IPPLAP. **Base cartográfica do da área urbana de Piracicaba**. Piracicaba: IPPLAP, 2012. Arquivo digital.
- King, L. The analysis of spatial form and its relation to geographic theory. **Annals of the American Geographers**, v. 59, n. 3, p. 573-595, 1969.
- Reis Filho, N. G. Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano. São Paulo: Via das Artes, 2006. 201 p.
- Taylor, P. J. **Quantitative Methods in Geography**. Atlanta: Houghton Mifflin Company Boston, 1977.
- Torrens, P. M.; Alberti, M. Measuring Sprawl. **Working Paper Series**, n. 27, 2000.
- Trentin, G. 2012. **Dimensão fractal, dinâmica espacial e padrões de fragmentação urbana de cidades médias do estado de São Paulo**. 2012. 209 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.