

UMA ANÁLISE TOPOLÓGICA DE REDES VIÁRIAS EM CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

Andréa Júlia Soares
Antônio Néilson Rodrigues da Silva

Departamento de Transportes
Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar o crescimento espaço-temporal das cidades médias, através da conectividade da rede viária, de forma a antecipar necessidades de transportes para fins de planejamento de infra-estrutura. Neste estudo, a principal questão abordada é a análise topológica baseada em redes complexas, ou seja, sistemas complexos tais como as cidades. As propriedades topológicas de maior interesse para este estudo são: hierarquia independente da escala, capaz de garantir uma estrutura ótima para fluxos e vias; conectividade local, conceito de “*small world*”; estrutura comunitária, com a divisão dos bairros e identidade social; centralidade e estrutura centro-periferia. O foco da pesquisa está na distribuição da sustentabilidade do espaço construído, particularmente naquilo que se relaciona à conexão das redes e seu impacto diretamente sobre o modo de vida dos cidadãos. Os dados obtidos resultarão em um modelo urbano que deve servir como ferramenta de apoio para planejadores urbanos e de transportes.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the spatio-temporal growth of medium-sized cities through the connectivity of the transportation network, in order to anticipate transportation infrastructure needs. The main aim of this study is the topological analysis based on complex networks or complex systems, such as cities. The most interesting topological properties for this study are: scale-independent hierarchy, able to assure a good arrangement for flows and a hierarchy of network links; local connectivity, or the “*small world*” concept; community structure, with local neighborhood subdivisions and social identity; centrality, and core-periphery organization. The focus of the research is on the distribution of sustainable built space throughout the city, particularly regarding the network connections and their direct impact on the life of the citizens. The acquired data will result in an urban model that shall be used as a supporting tool for urban and transportation planners.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio financeiro concedido para a realização da pesquisa que deu origem a este trabalho.

UMA ANÁLISE TOPOLÓGICA DE REDES VIÁRIAS EM CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

Andréa Júlia Soares
Antônio Néilson Rodrigues da Silva
Departamento de Transportes
Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar o crescimento espaço-temporal das cidades médias, através da conectividade da rede viária, de forma a antecipar necessidades de transportes para fins de planejamento de infra-estrutura. Neste estudo, a principal questão abordada é a análise topológica baseada em redes complexas, ou seja, sistemas complexos tais como as cidades. As propriedades topológicas de maior interesse para este estudo são: hierarquia independente da escala, capaz de garantir uma estrutura ótima para fluxos e vias; conectividade local, conceito de “*small world*”; estrutura comunitária, com a divisão dos bairros e identidade social; centralidade e estrutura centro-periferia. O foco da pesquisa está na distribuição da sustentabilidade do espaço construído, particularmente naquilo que se relaciona à conexão das redes e seu impacto diretamente sobre o modo de vida dos cidadãos. Os dados obtidos resultarão em um modelo urbano que deve servir como ferramenta de apoio para planejadores urbanos e de transportes.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the spatio-temporal growth of medium-sized cities through the connectivity of the transportation network, in order to anticipate transportation infrastructure needs. The main aim of this study is the topological analysis based on complex networks or complex systems, such as cities. The most interesting topological properties for this study are: scale-independent hierarchy, able to assure a good arrangement for flows and a hierarchy of network links; local connectivity, or the “*small world*” concept; community structure, with local neighborhood subdivisions and social identity; centrality, and core-periphery organization. The focus of the research is on the distribution of sustainable built space throughout the city, particularly regarding the network connections and their direct impact on the life of the citizens. The acquired data will result in an urban model that shall be used as a supporting tool for urban and transportation planners.

1. INTRODUÇÃO

Desenvolvimento sustentável é hoje em dia uma questão relevante e tópico de pesquisas frequentes nos países em desenvolvimento. Um aspecto fortemente relacionado ao conceito de sustentabilidade no ambiente urbano é o modo com que as redes de vias e os contornos das cidades são formados. Os custos do espalhamento urbano e a busca por uma forma urbana ideal são questões em que vários pesquisadores têm trabalhado nos últimos 30 anos, como mencionado por Souza e Silva (1998). A publicação “*Os custos do espalhamento*” (Real Estate Research Corporation, 1974) ilustra bem as preocupações dos formuladores de políticas urbanas nos anos 70 do século XX. Mais tarde, no final dos anos 80 e início dos 90, autores revisaram a literatura e apresentaram diferentes conclusões sobre a forma ideal.

Nestes questionamentos, autores como Newman e Kenworthy (1988 e 1989) buscam estratégias para otimizar o uso do solo urbano, através de políticas urbanas como o adensamento, a centralização e medidas de restrição de tráfego, incluindo a melhoria do transporte público. Outros autores (Audirac e Zifou, 1989; Gordon e Wong, 1985; e Gordon e Richardson, 1989) rejeitaram as estratégias de centralização, defendendo padrões urbanos multinucleados como os mais econômicos e a única estratégia de desenvolvimento capaz de satisfazer plenamente as preferências do consumidor por

moradias em regiões de baixa densidade populacional. Trabalhos mais recentes mostram a preocupação com o tema, instigando o contínuo debate (Breheny, 1992; Newman, 1992; Gordon e Richardson, 1997; Ewing, 1997; Jenks e Burgess, 2000; Kenworthy e Laube, 1999 e 2000; Talen, 2001; e Burton, 2002).

Em síntese, as áreas e redes viárias urbanas seguem basicamente dois padrões diferentes nos países industrializados. Um dos tipos é bem representado pelas cidades americanas, espalhadas e altamente dependentes do automóvel. De outro lado, as cidades européias, mais compactas e orientadas ao transporte público. Pode-se dizer que os políticos e planejadores urbanos das cidades européias estão publicamente comprometidos na busca por padrões de sustentabilidade, e aparentemente estas cidades estão alcançando seu objetivo. Isto significa que seus padrões urbanos podem servir de referência para cidades de países em desenvolvimento, ao contrário das cidades americanas.

O objetivo da pesquisa aqui proposta é estudar a estrutura urbana através da aplicação da análise topológica em problemas relacionados com a conectividade das redes viárias, resultando em importante ligação entre teoria e pesquisa empírica. O seu foco está na distribuição da sustentabilidade do espaço construído, particularmente naquilo que se relaciona à conexão das redes e seu impacto sobre os seres humanos. Diante das características apontadas por Silva *et al.* (1999) e Lima *et al.* (2003) busca-se explorar a estrutura das redes viárias, sua conectividade e eventual influência na sustentabilidade do espaço construído. Além do crescimento expressivo observado nos últimos 30 anos nas cidades com população variando entre 50 e 500 mil habitantes, apontado por Souza *et al.* (2003), o estudo das cidades de pequeno e médio porte se faz necessário por se constituir em uma importante estratégia para encontrar soluções tanto para os seus próprios problemas, como também para o das grandes cidades.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa se realizará em 4 etapas:

- A primeira, destinada à revisão bibliográfica, em que será realizado um aprofundamento no estudo dos sistemas de rede viária através de artigos e demais publicações nacionais e internacionais. No caso dos trabalhos estrangeiros buscar-se-á adaptar as experiências às particularidades das cidades brasileiras;
- Na segunda etapa serão levantados e digitalizados os mapas de ruas e dados necessários para um ou mais estudos de caso, manipulados em SIG;
- Na terceira etapa serão selecionados os dados e os métodos de análises topológicas com o propósito de comparação geral entre redes analisadas, e os dados de intersecções serão analisados numericamente. Para efeito de comparação geral entre redes de ruas, uma opção é a interconectividade (Hardy, 1996; Southworth 1997; Asami *et al.*, 2001), embora existam outras a serem consideradas, como, por exemplo, variações acerca da densidade viária. Índices específicos, tais como o grau de nós (K), a média da menor distância de caminhada (L), o coeficiente de aglomeração (C), o índice de centralidade (Bc) e a estrutura comunitária (Cs), também poderão ser calculados neste estudo. Análises de autocorrelação de rede, como proposto por Black e Thomas (1998), também podem vir a ser considerada. Uma hipótese que poderá ser gerada para estabelecer a validade dos resultados é simplesmente uma reformulação da rede existente, preservando os números de nós e segmentos (Lima *et al.*, 2003).

- Na última etapa os modelos serão avaliados e comparados.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma faceta particular deste debate é a conectividade das redes viárias (Lynch, 1981; Salangaors, 2003), onde ruas de diferentes tipologias (Caliandro, 1978; Ben Joseph e Southworth, 1997) fazem conexões nas cidades. Dupuy (1991, 1995), no entanto, sugere que as ruas das cidades modernas são caracterizadas pela conectividade para os carros, mas desconectadas para os pedestres. Como as concepções do espaço urbano (Downs e Stea, 1973; Gould e White, 1974; Tversky, 2001) são afetadas pela estrutura do mesmo (Lynch, 1960; Gibbons e Oberholzer, 1991), esta desconectividade tem impacto sobre a orientação e a qualidade de vida dos cidadãos (Appleyard, 1981; Whyte, 1980; Gehl, 1987; Southworth e Owens, 1993; Owens, 1993; Southworth e Ben Joseph, 1995; Southworth 1997; e Bosselmann *et al.*, 1999).

Considerando que a falta de planejamento urbano é um dos motivos da má condição de vida urbana em países em desenvolvimento, ferramentas de auxílio podem suprir as necessidades dos planejadores urbanos, contribuindo para a melhoria nas cidades. Por isso uma avaliação de alternativas tipológicas das redes de ruas baseadas na mistura, adição e remoção de nós, dentro do contexto do espalhamento e compactação das cidades, constituem um significativo avanço em estudos empíricos, podendo resultar em importante ferramenta de tomada de decisão no planejamento urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio financeiro concedido para a realização da pesquisa que deu origem a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appleyard, D. (1981) *Livable streets*. University of California Press Berkeley, CA.
- Asami, Y., A. S. Kuba e I. C. Istek (2001) Characterization of the street networks in the traditional Turkish urban form. *Environment and Planning B*, v. 28, n. 5, p. 777-795.
- Audirac, I. e M. Zifou (1989) Urban development issues: what is controversial in urban sprawl? An annotated bibliography of often overlooked sources. *CPL Bibliography 247*, Chicago: Council of Planning Librarians.
- Barabasi, A. L. e R. Albert (1999) Emergence of scaling in random networks. *Science*. v. 286, p. 509-512.
- Ben Joseph, E. e M. Southworth (1997) *Streets and the shaping of towns and cities*. McGraw Hill, N. York.
- Black, W. R. e I. Thomas (1998) Accidents on Belgium's motorways: a network auto correlation analysis. *Journal of Transport Geography*, v. 6, n. 1, p. 23-31.
- Bosselmann, P., E. Macdonald e T. Kronmeyer (1999) Livable streets revisited. *Journal of the American Planning Association*. v. 65, n. 2, p. 168-180.
- Breheny, M. (1992) The compact city: an introduction. *Built Environment*, v. 18, n. 4, p. 241-246.
- Burton, E. (2002) Measuring urban compactness in UK towns and cities. *Environment and Planning B-Planning & Design*, v. 29, n. 2, p. 1219-250.
- Caliandro, V. (1978) Street form and use. In: Anderson, S. (ed.) *On Streets*. Massachusetts, The MIT Press. pp. 151-186.
- Downs, R. e D. Stea (1977) *Maps in minds: reflections on cognitive mapping*. Harper and Row, New York.
- Dupuy, G. (1991) *L'Urbanisme Des Réseaux*, Armand Colin, Paris.
- Dupuy, G. (1995) *Les Territoires de l'Automobile*, Anthropos, Paris.
- Ewing, R. (1997) Counterpoint: is Los Angeles-style sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association*, v. 63, n. 1, p. 107-126.
- Gehl, J. (1987) *Life between buildings. Using public space*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Gibbons, J. e B. Oberholzer (1991) *Urban streetscapes: a Workbook for Designers*. Wiley, John and Sons.
- Gordon, P. e H. W. Richardson (1989) Gasoline consumption and cities – a reply. *Journal of the American Planning Association*, v. 55, n. 3, p. 342-346.

- Gordon, P. e H. W. Richardson (1997) Are compact cities a desirable planning goal? *Journal of the American Planning Association*, v. 63, n. 1, p. 95-106.
- Gordon, P. e H. L. Wong (1985) The costs of urban sprawl: some new evidence. *Environment and Planning A*, v. 17, n. 5, p. 661-666.
- Gould, P. e R. White (1974) *Mental maps*. Pelican Books, England.
- Handy, S. (1996) Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighbourhoods. *Transportation Research Record*. v. 1552, p 135-144.
- Jenks, M e R. Burgess (eds.) (2000) *The compact cities: sustainable urban forms for developing countries*. London: Spon Press.
- Kenworthy, J. R. e F. B. Laube (1999) Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. *Transportation Research A –Policy and Practice*, v. 33, p. 691-723.
- Kenworthy, J. R. e F. B. Laube (2000) *An international sourcebook of automobile dependence in cities, 1960-1990*. Boulder, USA: University Press of Colorado.
- Lima, R. S., A. N. R. Silva e P. Van Der Waerden (2003) Espalhamento urbano: mito ou realidade no Brasil? O caso das cidades médias. *Revista dos Transportes Públicos*, v. 23, n. 91, p. 75-86.
- Lynch, K. (1960) *The image of the city*. Cambridge, MIT Press.
- Lynch, K. (1981) *Good city form*. Cambridge, MIT Press.
- Newman, P. W. G. (1992) The compact city: an Australian perspective. *Built Environment*, v. 18, n. 4.
- Newman, P. W. G. E J. R. Kenworthy (1988) The transportation energy trade-off: fuel-efficient traffic versus fuel-efficient cities. *Transportation Research A – Policy and Practice*, v. 22, n. 3, p. 163-174.
- Newman, P. W. G. e J. R. Kenworthy (1989) *Cities and automobile dependence: an international sourcebook*. Aldershot, England, Gower.
- Owens, P. M. (1993) Neighborhood form and pedestrian life: taking a closer look. *Landscape and urban planning*. v. 26, p. 115-135.
- REAL ESTATE RESEARCH CORPORATION (1974) The costs of sprawl: vol. 1, Executive summary, vol. 2, Detailed cost analysis, vol. 3, Literature review and bibliography. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Salungaors, N. (2003) Connecting the fractal city. *Fifth Biennial of Town Planners in Europe*, Barcelona
- Silva, A. N. R., R. S. Lima e P. Van Der Waerden (1999) The evaluation of urban network pattern with a global accessibility index in a GIS environment. *Anais 6th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Veneza – Itália (em CR-Rom), Istituto Universitario di Architettura di Venezia.
- Souza, L. C. L., R. A. R. Ramos, A. N. R. Silva, e J. F. G. Mendes (2003) Cidades sustentáveis: um desafio comum para Brasil e Portugal. *Anais III ENECS – Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, São Carlos, Brasil (em CR-Rom), Escola de Engenharia de São Carlos.
- Southworth, M. (1997) Walkable suburbs? An evaluation of neotraditional communities at the urban edge. *Journal of the American Planning Association*. v. 63, n. 1, p. 28-44.
- Southworth, M. e P. M. Owens (1993) The evolving metropolis: studies of community, neighborhood and street form at the urban edge. *Journal of the American Planning Association*. v. 59, n. 3, p. 271-287.
- Southworth, M. e E. Ben-Joseph (1995) Street standards and the shaping of suburbia, *Journal of the American Planning Association*. v. 61, n. 1 p. 65-81.
- Souza, L. C. L. e A. N. R. Silva (1998) *Compact city: could this be an option for medium sized brazilian cities?* In: Maldonado, E. e Yannas, S. (eds.) *Environmentally friendly cities. 15th International Conference On Passive And Low Energy Architecture*, Lisboa, Portugal. London. James &James, p. 103-106.
- Talen, E. (2001) Traditional urbanism meets residential affluence: an analysis of the variability of suburban preference. *Journal of the American Planning Association*, v. 67, n. 2, p 199-216.
- Tversky, B. (2001) *Spatial thinking*. Third International Symposium on Space Syntax, Atlanta.
- Whyte, W. H. (1980) *The social life of small urban spaces*. The Conservation Foundation, Washington, D.C.

Endereço dos autores:

Andréa Júlia Soares, aluna do programa de Pós-Graduação em Transportes – Mestrado
arq_andreajulia@yahoo.com.br
 Antônio Nelson Rodrigues da Silva
 Professor Associado (anelson@sc.usp.br)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de São Carlos – Dep. Transportes
 Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Centro
 13566-590, São Carlos – SP, Brasil Phone: +55 16 33739595 Fax +55 16 3373960