

# A TEORIA DOS GRAFOS E ANÁLISE DE REDES NA DESCRIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DA ESTRUTURA CONFIGURACIONAL URBANA.

DANIEL TRINDADE PAIM<sup>1</sup>; ANA PAULA NETO DE FARIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas / Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – [danieltripaim@yahoo.com.br](mailto:danieltripaim@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas / Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – [apnfaria@gmail.com](mailto:apnfaria@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

A morfologia urbana é a área dos estudos urbanos volta para a descrição e compreensão da forma das cidades. Esta área tem como objeto de interesse os componentes físicos das cidades, suas formas e disposição no espaço, assim como as relações mantidas entre os componentes, para definir e explicar a paisagem urbana e sua estrutura (LAMAS, 2011). A abordagem adotada está inserida no campo da morfologia urbana, mais precisamente na linha dos “sistemas configuracionais” que se volta para a investigação dos aspectos estruturais das relações mantidas entre os espaços urbanos e destes com as formas construídas. Além disso, os trabalhos nessa área fundamentam-se na noção de que um sistema é um conjunto articulado de elementos com dependências mútuas, ou seja, pode ser descrito através de seus elementos e também pela relação entre eles.

Originalmente HILLIER e HANSON (1984), através da proposta da Sintaxe Espacial, buscam descrever definições de ordem espacial ou de padrões espaciais de propriedades morfológicas globais e locais, tais como: descrição da configuração do traçado urbano; o papel desempenhado por cada espaço público e as relações entre os espaços público e privado. Nessa linha, diversos trabalhos se caracterizam por descrever as unidades de espaço urbano por meio de medidas quantitativas, voltadas aos conceitos de acessibilidade e centralidade, definindo critérios de ordenação espacial a partir de sua diferenciação (termo bastante utilizado, principalmente na Geografia, que busca interpretar a espacialidade das realidades sociais, ou seja, torná-las mais compreensíveis segundo seu aspecto espacial) e relacionando-a com as características e fenômenos urbanos de interesse. Dessa forma, a Sintaxe Espacial tem procurado constituir-se num meio genérico de investigação das relações entre a estrutura espacial e o funcionamento das cidades.

A partir da década de 1990, começam a surgir novos meios de definir a diferenciação espacial presente na estrutura urbana, dando ênfase a outros conceitos teóricos ou incorporando novas variáveis na descrição do espaço. Nas últimas décadas, novas contribuições advindas de estudos genéricos de redes são incorporadas aos estudos configuracionais urbanos. Estas contribuições são no sentido de uma compreensão melhor das implicações funcionais associadas a certas configurações gerais das redes e da incorporação de novas ferramentas analíticas.

## 2. METODOLOGIA

A teoria dos grafos é uma área da matemática discreta, voltada para o estudo das relações dentro de um conjunto discreto. Um grafo  $G$  é definido matematicamente como um par ordenado de conjuntos disjuntos  $V$  e  $E$ , sendo  $V$  um conjunto discreto de elementos  $v$  denominados vértices, e  $E$  uma família de

elementos e definidos em função dos elementos  $v$  de  $V$ . A família  $E$  pode-se entender como um conjunto de relações adjacentes ou binárias entre pares de  $v$ , cujos elementos geralmente são chamados de ligações.

A teoria dos grafos é aplicada a diversas áreas de conhecimento. Para a área dos estudos urbanos, a mesma é normalmente empregada na análise de aspectos topológicos e/ou geográficos dos sistemas espaciais envolvidos. A representação do sistema urbano através de um grafo permite que as características do sistema e de seus componentes sejam descritas tão somente através das condições de conectividade interna (FARIA, 2010). Por isso, a modelagem baseada em grafos parece ser adequada para caracterizar principalmente as propriedades referentes à estrutura configuracional e morfológica do espaço urbano (KRÜGER, 1979; HILLIER e HANSON, 1984; KRAFTA, 1999; entre muitos outros).

Uma rede é um sistema que pode ser descrito por um conjunto de elementos e suas inter-relações e, por conseguinte, pode ser representado por um grafo. Os estudos de redes formulam uma base teórica de referência capaz de auxiliar no entendimento da funcionalidade tanto dos componentes, quanto do sistema como um todo, pois são estudos voltados para a descrição, caracterização e explicitação das propriedades estruturais de um sistema (FARIA, 2010). Esses estudos contam com uma significativa quantidade de ferramentas analíticas e matemáticas para atingir estes objetivos, focados em: a) encontrar as propriedades que caracterizam a estrutura e comportamento das redes e sugerir modos apropriados de medi-las; b) criar modelos de redes que possam ajudar no entendimento dessas propriedades; c) prever qual o comportamento das redes com base nas propriedades estruturais encontradas e nas regras locais que governam os componentes individualmente.

O espaço é infinito e contínuo e para fazer uma análise morfológica é preciso definir com clareza porções finitas desse espaço. A morfologia tradicional define estas divisões como lotes, ou como quadras, e o espaço público como ruas. Mas para a modelagem computacional é preciso ser mais específico e definir critérios rígidos, adequados ao objeto a ser estudado e replicáveis a qualquer cidade. Nos estudos intra-urbanos podem ser identificados três critérios gerais de discretização do espaço urbano: a) a manutenção da natureza geográfica do sistema urbano – o espaço urbano é, em sua essência, uma estrutura imersa em um plano e, por isso, pode ser representado por um grafo planar, mesmo não estando limitado a bi-dimensionalidade da superfície terrestre. Apenas uma forma do quesito da planaridade pode ser representada no sistema urbano: aquela onde as intersecções e as extremidades das vias são definidas como vértices e os trechos entre intersecções são descritos como arestas. Uma variante deste modo de representação são as representações semi-planares onde as eventuais não-planaridades do sistema tais como pontes, viadutos ou túneis são incorporados também na forma não planar no grafo, reproduzindo a dimensionalidade do espaço sendo representado; b) a descrição por unidades morfológicas máximas – que podem ser linhas axiais ou linhas de máxima continuidade. As primeiras podem ser definidas como a menor quantidade das maiores linhas retas capazes de cobrir todo o sistema de espaços abertos urbanos. As segundas são um agregado de linhas axiais que representam um caminho na sua máxima dimensão linear, respeitando um limite de angularidade previamente definido; c) a descrição por unidades morfológicas mínimas – definidas como os em trechos de via, que são unidades de espaço definidas como o trecho de espaço público contido entre intersecções de vias, isto é, onde existe a possibilidade de mudar de direção no sistema urbano.

Nos estudos que abordam a configuração morfológica do espaço urbano dois procedimentos metodológicos na análise de redes podem ser observados: a) a análise exploratória dos dados na rede (de forma visual), que destaca o comportamento individual de cada componente e o padrão de distribuição das variáveis; b) a análise estatística dos padrões de distribuição das variáveis, a qual define o comportamento global da rede. A análise visual do padrão de distribuição espacial das variáveis é um método analítico poderoso, auxiliando grandemente na compreensão da estrutura de uma rede espacial (NEWMAN, 2003). Enquanto que, abordagens estatísticas são estudos mais recentes, pois o uso ainda restrito desse método de análise parece estar relacionado com algumas dificuldades encontradas na sua aplicação para redes urbanas. Outra dificuldade são que as redes urbanas analisadas, em geral, são pequenas demais para se ter uma abordagem estritamente estatística, o que dificulta na obtenção de resultados corretos e confiáveis (FARIA, 2010). No caso das redes urbanas, parece que ambos os métodos de análise são complementares e necessários.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Análise Configuracional Urbana busca, por meio de medidas quantitativas, descrever: a configuração do traçado urbano, o papel que cada espaço público desempenha, e as relações existentes entre os espaços públicos e privados. Esse tipo de estudo ajuda a entender aspectos importantes do sistema urbano, tais como a influência do espaço nas alocações preferenciais de certos usos do solo, o fluxo maior ou menor de veículos e pedestres, etc. Para descrever essas características do espaço urbano são utilizados os modelos de simulação computacional. O uso da modelagem e simulação é uma maneira de administrar uma pesquisa científica, paralela às tradicionais indução e dedução (AXELROD, 1997). A modelagem enquanto ferramenta de conhecimento serve para auxiliar na organização e integração dos retalhos de conhecimento empírico existentes, ajudando a clarificar o significado do que é conhecido, enfocando as diferentes possibilidades e interações por detrás dos fatos (COUCLELIS, 1986).

### 4. CONCLUSÕES

A aplicação dos métodos de análises de redes requer ajustes particulares para enfrentar as especificidades dos estudos urbanos. O que difere os estudos tradicionais de redes das redes urbanas é que estas são relativamente menores em número de componentes e possuem uma natureza espacial, o que confere às mesmas particularidades estruturais e torna o fator espacialidade de suma importância. Afinal, os estudos urbanos dificilmente se limitam a descrever a estrutura espacial, pois geralmente descrevem a relação entre essa descrição e outras características do sistema urbano. Sendo uma questão pouco enfrentada nos estudos de redes, o que dificulta essas análises de relações entre variáveis.

A validade ou não das considerações teóricas provenientes dos estudos de redes sobre as relações entre as características topológicas das redes (enquanto descrição de estado) e seu funcionamento ou comportamento dinâmico é mais uma questão que merece destaque. Por ter diversos estudos na área que apontam para essas relações, porém pouco se estuda no sentido das redes urbanas. No caso urbano, a avaliação da possibilidade de relação entre a descrição de estado e o funcionamento do sistema traz novas perspectivas na compreensão das cidades.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Livro

BOAVENTURA NETTO, P. O. **Grafos: teoria, modelos, algoritmos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003. 3ª ed.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The social logic of space**. London: Cambridge University Press, 1984.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian: Serviço de Educação e Bolsas, 2011. 6ª ed.

### Capítulo de livro

KRAFTA, R. Urban convergence, morphology and attraction. In: TIMMERMANS, H. (ed.) **Decision Support Systems in urban planning**. London: E&F Spon, 1997. Cap 2, p. 82-94.

### Artigo

AXELROD, R. Advancing the art of simulation in the social sciences. **International Conference on Computer Simulation and the Social Sciences**, v. 3, n. 1, p. 16-22. 1997.

COUCLELIS, H. 1986. A theoretical framework for alternative models of spatial decision and behavior. **Annals of Journal of the Association the Americans Geographers**, v. 76, n. 1, p. 95-113.

FREEMAN, L. C. A set of measures of centrality based on betweenness. **Sociometry**, v. 40, n. 1, p. 35-41. 1977.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. **Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215-239. 1979.

KRAFTA, R. Modeling intra urban configurational development. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, n 1, p. 67-82. 1994.

KRAFTA, R. Spatial self-organization and the production of the city. **Urbana**, n. 24, p. 49-62. 1999.

KRÜGER, M. J. T. An approach to built-form connectivity at the urban scale: system description and its representation. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v 6, n 1, p. 67-88. 1979.

NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. **SIAM Review**, v. 45, n 2, p. 167-256. 2003.

### Tese/Dissertação/Monografia

FARIA, A. P. N. **Análise configuracional da forma urbana e sua estrutura cognitiva**. 2010. 300 f. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.