



XIII Fórum Ambiental

da Alta Paulista

26 e 28 de Julho de 2017

na Estância Turística de Tupã/SP

Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo

ISBN 978-85-68242-51-3

EIXO TEMÁTICO:

- () Arquitetura Bioclimática, Conforto Térmico e Eficiência Energética
- () Bacias Hidrográficas, Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
- () Biodiversidade e Unidades de Conservação
- () Campo, Agronegócio e as Práticas Sustentáveis
- () Clima, Ambiente e Saúde
- () Desastres, Riscos Ambientais e a Resiliência Urbana
- () Educação Ambiental e Práticas Ambientais
- () Ética e o Direito Ambiental
- (x) Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental
- () Novas Tecnologias e as Construções Sustentáveis
- () Patrimônio Histórico, Turismo e o Desenvolvimento Local
- () Saúde Pública e o Controle de Vetores
- () Saúde, Saneamento e Ambiente
- () Segurança e Saúde do Trabalhador
- () Urbanismo Ecológico e Infraestrutura Verde

Análise de configurações centrais

Renato César Ferreira de Souza

Federal University of Minas Gerais (UFMG),
School of Architecture, Head of the group in Environmental Computing,
Pos-Graduate course in Architecture and Urban Design.
Belo Horizonte, MG/Brasil.

rcesarfs@gmail.com

<http://pq.arg.ufmg.br>



XIII Fórum Ambiental

da Alta Paulista

26 e 28 de Julho de 2017

na Estância Turística de Tupã/SP

Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo

ISBN 978-85-68242-51-3

Resumo

O artigo examina o cálculo de centralidades para os modelos de redes urbanas, descrevendo o potencial de sua aplicação para o projeto e gestão. Exemplifica o cálculo de cinco tipos de centralidades, a saber as centralidades por Alcance, por proximidade, pela menor rota, por atração e por acesso direto. Analisa um caso onde as formulações foram calculadas para um trecho da cidade de Belo Horizonte, e aponta detalhes do procedimento como um avanço na instrumentalização para fazer face ao grande volume de dados e à sua complexidade.

Palavras Chave: Análise configuracional urbana, mobilidade sustentável, redes urbanas.



Introdução

"If you can not measure it, you can not improve it."

Sir William Thomson (1883)

A transformação evolutiva das cidades se dá através da interação entre as pessoas e as coisas. As pessoas encontram-se pelas ruas, compram e vendem produtos nos mercados e comércios, acessam locais de serviços e trabalhos, e colaboram entre si para formar as suas instituições, as empresas e as várias representações coletivas. Todas essas atividades ancoram-se no espaço físico e dão peso a ele como uma arena onde aquelas interações acontecem. Entretanto, é bem sabido que no Brasil o acesso às oportunidades oferecidas pelas cidades aos cidadãos é um problema, fruto de desigualdades injustas decorrentes sobretudo do contexto sócioeconômico. O direito à cidade é obstruído e são criadas diversas formas espaciais de segregação social, desde a centralização de pessoas e recursos ou a centralização da falta deles (BIRD, 2006) - em locais urbanos em desordem ou abandonados - até à sua periferação - em cinturões de pobreza ou condomínios de luxo. Parece haver, em comum às diferentes interpretações das causas da segregação, um desafio fundamental para o projeto urbano, relacionado ao crescimento das cidades em todo o mundo (SATTERTHWAITE, 2002): o de conhecer em profundidade - e para além das opiniões - a complexidade e a dinâmica da lógica social (HILLIER; HANSON, 1984) utilizando os atuais ferramentais tecnológicos para o benefício de todos. Para o projeto do espaço urbano esse desafio é, então, o de maximizar a interação entre as pessoas e os lugares e, ao mesmo tempo, minimizar sua fricção, reduzindo os conflitos e os custos de acesso às oportunidades e, ao mesmo tempo que reconhecendo que os modelos de explicação do fenômeno urbano não abarcam a totalidade das variáveis locais. Essa visão reconduz o projeto urbano a um estado de constante pesquisa (SMITH; FLOYD, 2013/6) e abrange o estudo das centralidades através da análise configuracional.

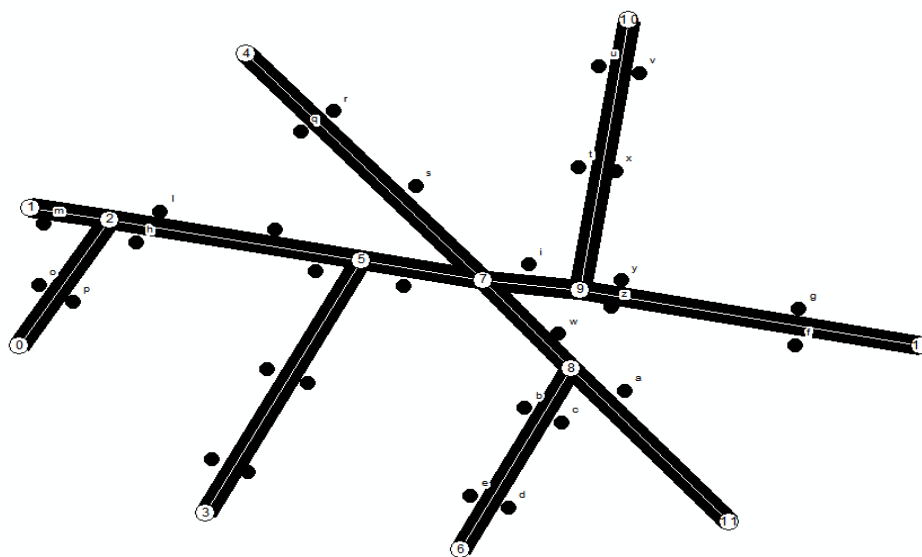
É possível estudar a distribuição de pessoas, recursos e informações, através dos estados de homogeneidade e heterogeneidade da rede urbana, relacionando essa distribuição à centralização e aos fenômenos associados, tais como a segregação ou integração. Novos ferramentais permitem hoje utilizar uma grande capacidade computacional na gestão e projeto urbanos, indicando maior ou menor congruência entre esses centros e as formas sociais. Simultaneamente, permitem buscar uma maior agilidade na proposição de modificações de projetos urbanos e uma maior capacidade instrumental para lidar com o volume e a complexidade dos dados, tornando mais precisas as descrições sobre a situação da rede urbana.

Modelo e componentes urbanos

A centralidade é tratada hoje como um tipo de riqueza inerente aos lugares da cidade, determinando o valor deles de acordo com o quão mais centralizados eles estejam. Aplicando-se como ferramenta para a análise de diversos sistemas complexos e auto-organizados, a ciência das redes tornou-se um meio de estudar as centralidades dos componentes urbanos da cidade, visando contribuir para a compreensão da mobilidade. Por componentes urbanos entendemos o conjunto de elementos do modelo composto por percursos, intercessões de percursos e pontos de origem e destino que

representam os movimentos e interações humanos na cena urbana. Na figura 1 ilustra-se o sistema viário de um trecho de uma cidade representado em escala por segmentos (compreendidos entre os nós 1-2, 2-3, 3-4 e assim por diante) e as edificações, representadas pelos centróides de sua planta, nos pontos a, b, c d e demais próximos às vias). Esse modelo considera a presença de nós que interconectam os segmentos das vias (pontos 1, 2, 3, e demais) e que podem conter propriedades, tais como a velocidade, custo, volume do tráfego de carros ou pedestres, comprimento e declividade, dentre outras. Os nós dos edifícios podem informar sobre o número de ocupantes, o número de empregados, tipos de comércio, dentre outros. Assim, as propriedades geométricas são importantes para o cálculo das centralidades, juntamente com as propriedades topológicas do sistema, sugerindo que o cálculo das centralidades leve em conta as características específicas do lugar estudado. Vias, cruzamentos e edificações podem, portanto, ser observados como mais ou menos centrais no interior das redes urbanas, dependendo do conceito de centralidade. O cálculo das centralidades deve se seguir de uma rigorosa observação de evidências sobre o modo como as formas sociais, *in loco*, em maior ou menor grau, coincidem ou não com o modelo. É dessa observação, juntamente com a sobreposição de outras fontes de informação secundárias georeferenciadas - tais como os dados censitários, as análises de sequências históricas e a história do lugar - que as interpretações dos resultados podem ganhar colorações próprias a respeito de cada localidade estudada, de modo único e dinâmico. O cálculo de centralidades por meio do modelo descrito apoia-se em elementos da disciplina da topologia e dos grafos, na matemática, mas somente nos último 5 anos podemos verificar sua aplicação para grandes porções das metrópoles, dado o aumento das capacidades computacionais em todo mundo. Há variações e algumas redundâncias conceituais que se desenvolveram desde a introdução desse método pelo grupo Space Syntax na década de 1980 (HILLIER; HANSON, 1984), sendo que adotaremos os conceitos que se seguem

Figura 1: elementos do modelo de rede urbana.



Fonte: o autor



Tipos de centralidade e a aplicação da análise

HILLIER (1984) propôs que o fenômeno da centralidade nas cidades fosse considerado a partir de um modelo muito mais intrincado do que normalmente se considera. Adotou múltiplas escalas para o estudo das centralidades urbanas (HILLIER, 2009), em cálculos que explicitavam claramente as correlações espaciais, abandonando a ideia simplista de centralidades estudadas por hierarquia de localizações ou categorias linguísticas. Defendeu também que a configuração das cidades guardava em si as condições para sua sustentabilidade. Em 2012, SEVETSUK (2012) ocupou-se em reescrever as métricas de centralidade para a criação do módulo open source “Urban Network Analyst”, plataformas computacionais de CAD (Computer Aided Design) e GIS (Geographic Information Systems), módulo desenvolvido pelo grupo de pesquisa City Form Lab do MIT - USA. Esse artigo adotará os conceitos desse último autor, por representarem o estado da arte sobre o assunto. Para exemplificar os conceitos, um bairro da cidade de Belo Horizonte será estudado sob a ótica das métricas aqui descritas, métricas que podem ser sumarizadas pelos seguintes conceitos:

Centralidade por Alcance

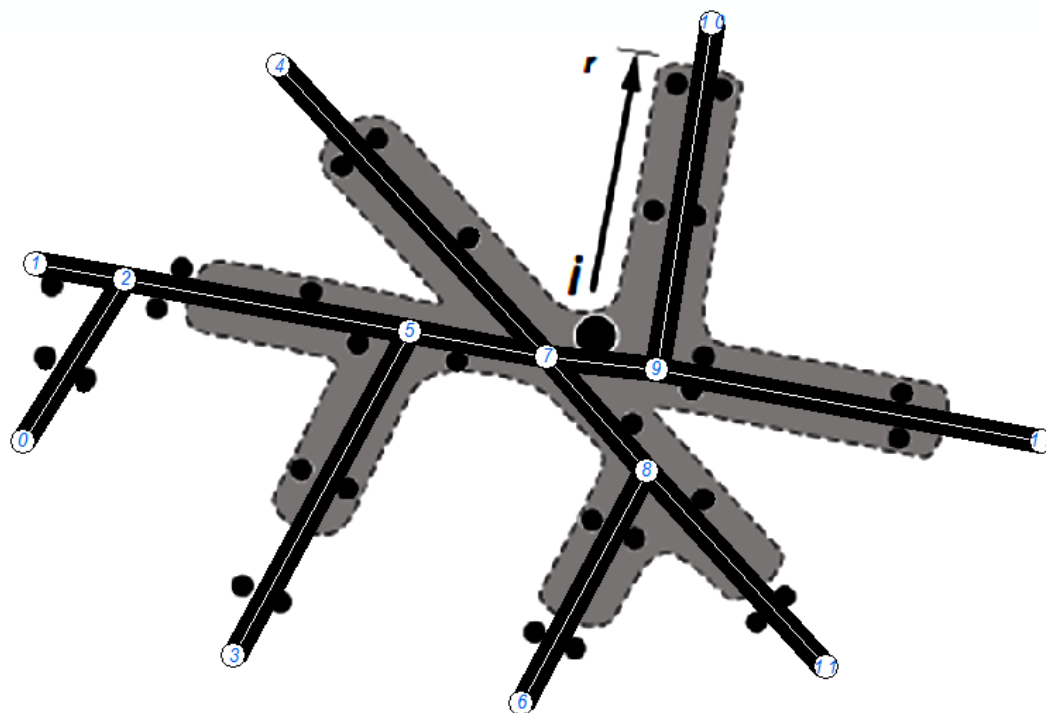
A **centralidade por Alcance** (Reach) foi primeiramente definida por SEVETSUK (2010, p. 84) como o número de destinações particulares que podem ser alcançadas desde cada edifício ou desde cada lugar da cidade, através de uma determinada distância a ser percorrida sobre as vias. Em outras palavras, o **Índice de Alcance** calcula quantos edifícios no entorno cada edifício pode alcançar, dado um determinado raio sobre a malha urbana. Assim, o **Índice de Alcance** pode descrever quantas outras edificações podem ser alcançadas pelos usuários através do percurso, independente dos tipos de modais de transporte ou relativamente a um custo (impedância) atribuído ao acesso a cada destinação.

Se às destinações correspondem variáveis como o número de residentes, então essa métrica pode revelar quantos residentes podem ser alcançados a partir dos arredores de cada edificação, em particular. Pode-se também especificar uma medida similar relativamente à quantidade de empregos que é abrigada pelos edifícios dentro de um raio, ou considerar ainda a área construída acessível desde cada edificação, sendo possível comparar as análises feitas com diferentes limites da distância r .

Visualmente, a figura 2 mostra como a centralidade por **Alcance** de uma edificação é calculada através da soma do número de outras edificações atingidas em uma zona de proximidade das vias (buffer, em cinza), num raio r . No caso, o **Índice de Alcance** do edifício representado pelo ponto i (que é a localização da centróide do polígono da planta do edifício ou das entradas de acesso aos seus interiores), é 20, dado um raio r sobre a malha, o que corresponde a dizer que do edifício i , numa distância r , 20 outras edificações podem ser alcançadas. Esse cálculo é feito para cada edificação representada pelos pontos incluídos no buffer da malha, sendo que cada edificação terá, portanto, seu **Índice de Alcance** correspondente. Uma vez calculada para uma área urbana delimitada, será possível visualizar como todas as edificações estão mais ou menos centralizadas segundo o seu alcance.

A figura 3 exhibe a centralidade de Alcance para os edifícios no bairro estudado.

Figura 2: Centralidade por alcance, num raio r .



Fonte: o autor

Centralidade por Proximidade (Closeness):

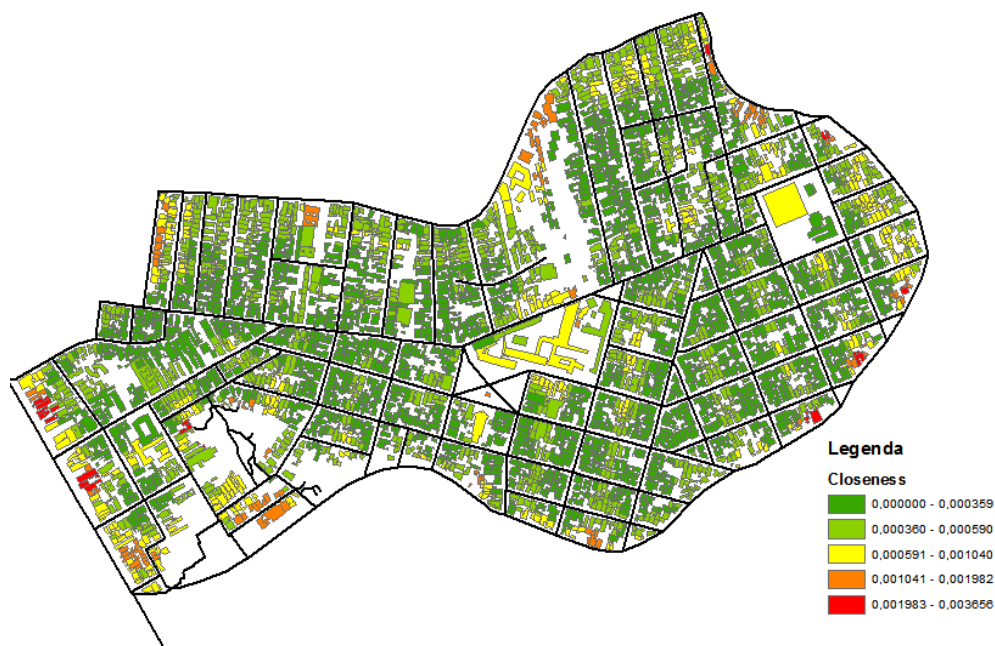
O Índice de Proximidade de uma edificação, também chamado de Integração, é definido como o inverso da distância necessária para atingir todos os outros demais edifícios da malha, dado um raio que inclui o somatório das menores distâncias até aquela edificação. Assim, quanto mais central for um edifício, mais próximo ele estará dos demais. Essa métrica foi formulada pelo prof. Alex Bavelas em 1950 e aprimorada matemático austríaco SABIDUSSI (1966). Foi transladada da teoria dos grafos e aplicada como algoritmo para cálculo geoestatístico em várias plataformas computacionais nas últimas décadas.

Figura 3: Centros por alcance num bairro em Belo Horizonte. Raio de alcance: 100 metros.



Fonte: o autor

Figura 4: Centralidade por proximidade



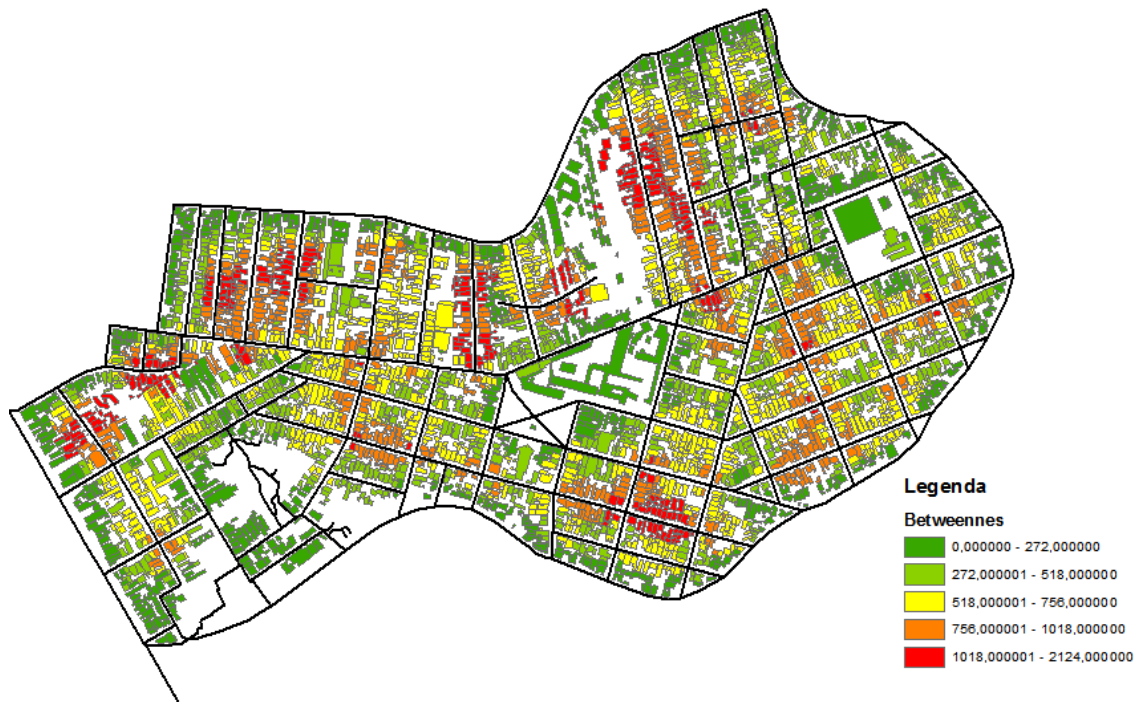
Fonte: o autor

Centralidade pela menor rota (betweenness)

O índice de acessibilidade pela menor rota (betweenness) de um edifício *i* foi definido para o Desenho Urbano como a quantidade das menores distâncias entre pares de edifícios, numa malha urbana, que passa pelo edifício *i*. Esse conceito foi trasladado da sociometria, que o considerava

como uma representação da centralidade social em pequenos grupos. Assim, o entendimento intuitivo desse índice é o de que um ponto central na rede de comunicações é central quando ele está situado entre a maior soma de pares de pontos com menor distância até ele. BAVELAS (1948) sugeriu, por exemplo, que quando uma pessoa está socialmente posicionada de forma estratégica tal que sua posição conecta-se ao maior grupo de outros pares, com menores distâncias passando por si, essa pessoa é o centro da rede social. Esse conceito passou por uma série de revisões até que FREEMAN (1977, 1978) o trasladou para uma fórmula simplificada onde, finalmente, o índice de acessibilidade pela menor rota é capaz de estimar o quão circundado pelos menores percursos, entre determinadas destinações ou origens, cada edifício está. Por exemplo, se conhecermos esse índice no horário de pico matutino, relativamente ao acesso dos pontos de ônibus ou estações de metrô até os locais de trabalho, podemos então calcular o número de viagens regulares entre os edifícios e os referidos pontos de acesso estudados. Portanto, esse índice pode estimar o número provável de trajetórias que esses tipos de viagem acarretam, indicando quais edifícios estão mais próximos dos menores percursos desde os pontos de ônibus/metrô até si.

Figura 5: centralidade pela menor rota.



Fonte: o autor

Centralidade por Atração (Gravity):

Introduzido pela primeira vez por Hansen (HANSEN, june. 1959, 1959), esse índice trata da medida de acessibilidade a um edifício i numa malha urbana como sendo diretamente proporcional aos pesos que outros edifícios assumem, em algum grau, como atratores, e inversamente proporcional à distância a eles.

Figura 6: centralidade por atração.



Fonte: o autor

Essa medida de centralidade, portanto, consegue capturar simultaneamente a atração dos destinos e a impedância (custo, em distância ou tempo) dos trajetos necessários para atingi-los.

Centralidade por acesso direto (Straightness):

Esse índice mensura a distância para cada trajeto mais curto de um ponto de interesse até os demais edifícios, assemelhando-se ao cálculo euclidiano de distâncias diretas. Alternativamente, esse índice consegue capturar os desvios positivos das trajetórias que são resultantes da geometria própria das vias, relativamente ao modelo topológico da rede urbana modelada (VRAGOVIĆ; LOUIS; DÍAZ-GUILERA, 2005)

Figura 7: Centralidade por acesso direto



Fonte: o autor

Análises

As diferentes especificações (algoritmos, modelos matemáticos) da análise das redes urbanas resulta numa série de resultados descrevendo a acessibilidade e as adjacências entre as pessoas e os lugares, o que pode ser importante quando se quer decidir a localização de negócios, explicando os padrões de tráfego e circulação peatonal, ou o valor da terra para diferentes partes da cidade.

As três regiões do bairro na figura 9 e 10, marcadas com a, b e c, muito embora aparentem alguma centralidade relativa à geometria da rede urbana tomada, encontram-se isoladas topologicamente, uma vez que têm baixo índice de centralidade em todos os cálculos. Essas áreas correspondem à ocupações bem distintas, sendo a primeira a vila São Luiz, uma ocupação subnormal histórica, iniciada quando do primeiro período industrial da cidade, a segunda o local de um batalhão de polícia cuja presença no bairro retrocede à fundação da cidade de Belo Horizonte, e por fim, a área onde está o edifício do Mercado, que substituiu um antigo hospital para doenças infecto-contagiosas nas primeiras décadas do século passado, o chamado “isolado”. Pode ser observada uma congruência das formas sociais que se ancoram nesses espaços, exceto na área do hospital. Inicialmente, encontrava-se a uma distância do centro urbano capaz de proteger a população das doenças que até meados da década de 1960 não tinham cura. A ocupação populacional da área noroeste (em c) ocorreu aos poucos e o hospital foi destruído e em seu lugar implantada as instalações para um mercado de importânci distrital. Por sua vez, tal mercado foi desativado no princípio dos anos 90, e sucessivas tentativas para animar a área, com mais movimento de pedestres e comércio, fracassaram.

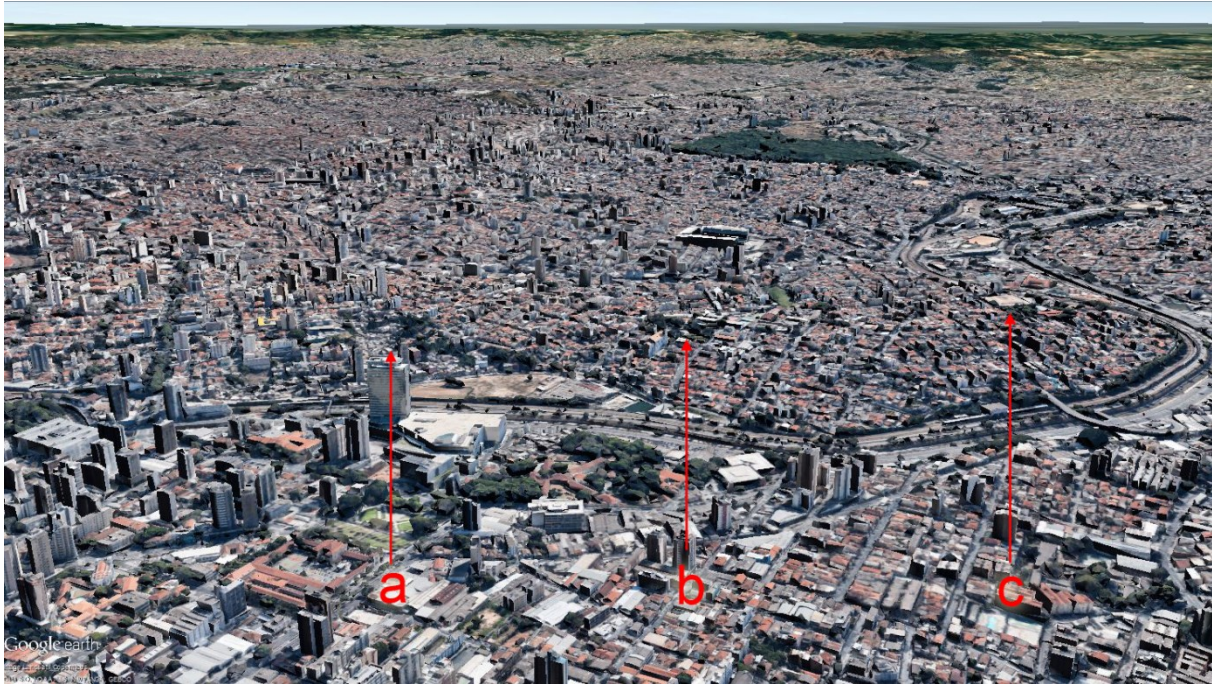
Figura 9: mapa base da região



Fonte: o autor

A via 3, que seria um percurso natural para atravessar o bairro, está conectada ao mercado pela via 7 comunicando-se com outros bairros, mas mesmo assim não consegue proporcionar uma dinâmica maior na região C. Por sua vez, a região a e b se segregam, reforçando qualitativamente o lugar com privacidade. Isola o batalhão de polícia, e dificulta a vigilância. A vila São José e sua comunidade escondem-se também numa depressão topográfica e conectam-se ao restante do bairro de modo tímido, passando visualmente imperceptíveis para quem se locomove no alto da colina que conforma a região. A riqueza e variedade de interpretações, orientadas ao processo de avaliação e mudança projetual urbana são aumentados pela descrição das centralidades mencionadas, e sugerem que algumas vias possam ser redesenhadas para evitar conflitos com a estrutura configuracional. Igualmente o zoneamento pode ter na análise das centralidades uma ferramenta poderosa para antever os centros mais aptos ao atendimento da população.

Figura 10: vista do bairro em estudo.



Fonte: Google Earth 2017

Conclusão

É sabido que o cálculo dessas novas métricas requer uma capacidade computacional que cresce exponencialmente de acordo com o número de edifícios a serem estudados no contexto urbano analisado. Tal cálculo seria impossível manualmente. Igualmente complexas são as análises sobrepostas aos dados secundários que permitem vislumbrar a lógica social do espaço através da localização dos setores. É importante destacar que, quanto mais detalhado for o modelo, maior a precisão preditiva das centralidades. Diferentemente de há alguns anos atrás, a análise configuracional considera distâncias topológicas juntamente com as angulares e euclidianas. Isso significa que os cálculos anteriores podem considerar o custo dos movimentos conforme a declividade, volume de tráfego, velocidade. Igualmente, o valor atrator de edificações e lugares deve apresentar um memorial explicando sua avaliação.

A análise da rede urbana é capaz de descrever complexos problemas espaciais e nos auxilia a endereçar questões fundamentais a respeito do bom desenho urbano: pode o lay-out da cidade facilitar o acesso equitativo aos seus recursos? Como a configuração formal de uma vizinhança pode afetar a performance econômica de suas empresas e lojas? Ou a percepção das qualidades do lugar? Ou seus índices de saúde urbana, mobilidade ativa, qualidade de vida? Trata-se de um passo crítico a respeito do entendimento do modo como nós modelamos as formas físicas de nossas cidades e, em troca, do modo como elas nos modelam.



Referências

- BAVELAS, A. A Mathematical Model for Group Structures. **Human organization**, v. 7, n. 3, p. 16–30, jul. 1948.
- BIRD, J. **Centrality and Cities**. [s.l.] Routledge, 2006.
- 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, 1978.
- HANSEN, W. G. **ACCESSIBILITY AND REIDENTIAL GROWTH**. Master Degree—[s.l.] MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, june. 1959.
- HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 25, n. 2, p. 73–76, 1959.
- HILLIER, B. **Spatial Sustainability in Cities**. (Koch, D. and Marcus, L. and Steen, J., Ed.) Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium. **Anais...** In: 7TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM. Royal Institute of Technology (KTH), 2009
- HILLIER, B.; HANSON, J. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- SABIDUSSI, G. The centrality index of a graph. **Psychometrika**, v. 31, n. 4, p. 581–603, 1 dez. 1966.
- SATTERTHWAITE, D. Coping with rapid urban growth. 2002.
- SEVTSUK, A. **Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA**. Ph.D.—[s.l.] MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2010.
- SEVTSUK, A.; MEKONNEN, M. Urban network analysis. **Revue internationale de géomatique—n**, 2012.
- SMITH, J. W.; FLOYD, M. F. The urban growth machine, central place theory and access to open space. **City, Culture and Society**, v. 4, n. 2, p. 87–98, 2013/6.
- VRAGOVIĆ, I.; LOUIS, E.; DÍAZ-GUILERA, A. Efficiency of informational transfer in regular and complex networks. **Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics**, v. 71, n. 3 Pt 2A, p. 036122, mar. 2005.
- WILLIAN, T. **Popular lectures and addresses**, 1883. Disponível em:
<<https://archive.org/stream/popularlecturesa01kelvuoft#page/72/mode/2up>>. Acesso em: 11 fev. 2017