

Revista Brasileira de Cartografia (2016), Nº 68/4, Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial: 815-830
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

INDICADOR DE DISPERSÃO URBANA BASEADO EM MEDIDA DE ACESSIBILIDADE PONDERADA

Urban Sprawl Indicator Based on Weighted Accessibility Measure

Alice Rauber Gonçalves & Romulo Krafta

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional
Rua Sarmento Leite, 320, Porto Alegre – RS, 90050-170, Brasil
alicerauber@hotmail.com, krafta@ufrgs.br

Recebido em 9 de Agosto, 2015/ Aceito em 7 de Dezembro, 2015
Received on August 9, 2015/ Accepted on December 7, 2015

RESUMO

Nos últimos anos, diversos métodos para mensurar a dispersão urbana têm sido desenvolvidos, com bastante enfoque para a questão da densidade e da forma urbana mais geral. No entanto, são os efeitos que tornam a dispersão um fenômeno não desejado e não sua forma. Acessibilidade, item chave para a verificação de efeitos, tem sido pouco explorada metodologicamente. Ocorre que os métodos usualmente utilizados não são capazes de capturar adequadamente a questão da acessibilidade, principalmente por não levarem em conta particularidades da forma urbana, como a configuração da rede de ruas e distribuição precisa entre atividades urbanas. O presente artigo propõe um indicador de dispersão urbana baseado em medida de acessibilidade ponderada, que pode ser utilizado para verificar grau de desencontro entre locais de residência e trabalho. Sua principal diferença em relação a métodos tradicionalmente utilizados para mensurar a dispersão está na representação mais precisa do sistema urbano, por meio de grafos – método já bastante explorado no campo de pesquisa dos sistemas configuracionais urbanos. Para testar o método, são feitos estudos exploratórios com pequenos sistemas urbanos teóricos, representando diferentes padrões de configuração urbana. Conclui-se que o indicador é sensível a diferentes padrões urbanos, e o método apresenta grande potencial para aplicação em estudos empíricos comparativos.

Palavras chave: Indicadores de Dispersão Urbana, Acessibilidade, Abordagem Configuracional Urbana, Desempenho Urbano.

ABSTRACT

Recently, significant progress has been made in developing methodologies for measuring urban sprawl. The problem is that most of the current methodologies put great emphasis on density and urban form measurement, while accessibility receives little attention. Measuring accessibility is important because it enables us to tackle the negative effects of urban sprawl. However, it has not been measured in the most appropriate way, mainly because methodologies commonly employed to measure sprawl do not grasp intra urban level details, such as street network and urban activities. This paper suggests an urban sprawl indicator based on weighted accessibility measure, which measures spatial mismatch between residential and job location. The main advantage of the proposed methodology is that it comprises a more precise technique to describe the urban spatial structure. It employs graph-based analysis, which is the same kind of analysis used in urban configurational approach. Graphs representing different urban configuration patterns are used

to test the methodology. The results show that the methodology can be applied to empirical research, since the accessibility-based indicator enable us to properly grasp different mismatching degree between residential and job location.

Keywords: Urban Sprawl Measurement, Accessibility, Urban Configurational Approach, Urban Performance.

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da dispersão urbana pode ser considerado uma característica marcante do processo de urbanização mais recente. Constatase que as cidades têm se expandido de forma cada vez mais dispersa, fragmentada e em baixas densidades (REIS, 2006). O debate sobre o tema, no entanto, é marcado por imprecisões (FRANZ, MAIER & SCHRÖCK, 2006). Embora não haja consenso sobre a melhor forma de caracterizar o fenômeno, geralmente, tem sido associado a efeitos negativos. O termo dispersão urbana (*urban sprawl* na literatura de língua inglesa) assume, frequentemente, conotação negativa (JARET *et al.*, 2005), principalmente por implicar em maiores distâncias, que por sua vez implicam em aumento do tempo e custo dos deslocamentos, maior consumo de combustíveis, maior emissão de poluentes e mau aproveitamento da infraestrutura, etc. Frente a esse panorama, urge a necessidade de reforçar a qualidade das metodologias de análise e de monitoramento dos processos de expansão urbana, a fim de apreender com mais precisão seus diferentes efeitos.

O presente artigo revisa e discute métodos de mensuração da dispersão urbana, encontrados na literatura sobre o tema. A crítica que se faz é que se focam excessivamente na questão das densidades residenciais e na forma urbana mais geral, enquanto que aspectos que poderiam ser mais diretamente relacionados ao desempenho urbano tem sido pouco explorados. Esse é o caso da acessibilidade, um item chave para a aferição de efeitos da dispersão urbana, pois maiores distâncias impactam diretamente o desempenho urbano. Os indicadores usualmente utilizados nas pesquisas sobre dispersão urbana se baseiam na intensidade de presença de pessoas e atividades, não levando em conta seus efeitos. Não são as formas em si que tornam a dispersão urbana um fenômeno não desejado, mas sim os efeitos que ela produz (EWING, 1997).

A diminuição na acessibilidade entre atividades urbanas é um dos possíveis efeitos – não desejados – da dispersão urbana, sendo,

portanto, um bom indicador de dispersão urbana. No entanto, argumenta-se aqui que para mensurar acessibilidade com precisão é preciso necessariamente lidar com particularidades da morfologia urbana em escala intraurbana, tais como a configuração da rede de espaços públicos e a distribuição precisa das atividades – ambas ausentes na maior parte dos estudos sobre mensuração da dispersão urbana, ou então num nível de agregação dos dados muito alto. Além disso, argumenta-se sobre a importância de se verificar acessibilidade sob um ponto de vista sistêmico, isto é, considerando relações entre partes do sistema urbano.

Medidas de acessibilidade que levem em conta a configuração viária e relações entre partes do sistema não são assuntos novos. Têm sido profundamente explorados no campo de pesquisa de sistemas configuracionais urbanos, uma das abordagens possíveis em estudos de morfologia urbana. Neste artigo, procura-se fazer uma aproximação entre os estudos configuracionais e o debate sobre dispersão urbana.

Este trabalho aprofunda, portanto, questões espaciais e configuracionais relacionadas ao tema da dispersão urbana, pouco exploradas até o momento. Propõe-se ainda um indicador de dispersão urbana baseado em medida de acessibilidade ponderada, que leva em conta particularidades da estrutura espacial urbana.

O método utilizado se baseia em matemática de grafos e, neste trabalho, é aplicado a um conjunto de pequenos sistemas teóricos, representando diferentes padrões urbanos de distribuição e localização de residência e trabalho. O indicador proposto pode, portanto, ser utilizado para mensurar desencontro entre locais de trabalho e locais de residência, que é um relevante aspecto da dispersão urbana.

Busca-se, dessa forma, avançar no debate sobre a mensuração da dispersão urbana através de: i) método descritivo que represente o sistema espacial de modo mais preciso, isto é, levando em conta particularidades da escala intraurbana; ii) método analítico mais próximo da aferição de desempenho urbano, através de um indicador de dispersão urbana baseado em medida de acessibilidade.

2. MÉTODOS PARA MENSURAR DISPERSÃO URBANA

A falta de definição inequívoca do termo *dispersão urbana* consiste em um dos principais obstáculos para o desenvolvimento de metodologias de mensuração do fenômeno. Há muitas divergências quanto à melhor forma de definir conceitualmente o que significa dispersão urbana.

A literatura sobre o tema tem procurado “identificar as dimensões formais empiricamente observáveis” (OJIMA, 2007: p.279) da dispersão urbana a fim de operacionalizar medidas que permitam estudos comparativos. Chin (2002) identifica, na literatura, quatro principais tipos de definições de dispersão urbana, utilizados isoladamente ou em conjunto com outros, baseadas em critérios de: a) forma urbana; b) densidades; c) uso do solo; e d) efeitos.

Mais recentemente, a dispersão urbana vem sendo concebida como um fenômeno multidimensional, o que amplia o leque de possibilidades para operacionalização de medidas de dispersão urbana, uma vez que o foco não fica restrito a um único critério de definição. Ressalta-se, no entanto, a importância de se buscar metodologias que se aproximem dos efeitos que a dispersão urbana produz no desempenho urbano, mais do que sua caracterização por meio de forma, densidades e uso do solo.

Outro ponto relevante a destacar é que a dispersão é um fenômeno que pode ser investigado tanto na escala regional (BERTAUD & MALPEZZI, 2003; RIBEIRO & HOLANDA, 2006; OJIMA, 2007) quanto na escala intraurbana (FRENKEL & ASHKENAZI, 2008; TORRENS, 2008), a depender do nível de desagregação dos dados disponíveis, das técnicas utilizadas e do enfoque da análise.

2.1 Indicadores de dispersão urbana

A seguir são revisados estudos que sugerem maneiras de mensurar o fenômeno da dispersão urbana. A escolha do conjunto de trabalhos analisados procurou contemplar: a) estudos recentes, que tenham sido publicados nos últimos 15 anos; b) estudos que concebem dispersão urbana como fenômeno multidimensional, isto é, que analisam múltiplas dimensões do fenômeno;

c) estudos com grande número de citações em trabalhos sobre dispersão urbana; e d) estudos brasileiros – embora a literatura sobre o tema seja majoritariamente em língua inglesa.

O conjunto é heterogêneo. Alguns trabalhos dão ênfase ao desenvolvimento de abrangente gama de medidas, com reduzidas aplicações empíricas; ao passo que outros apresentam poucas medidas ou medidas mais simples, porém com elevada quantidade de aplicações empíricas. Todos possuem em comum o esforço em operacionalizar medidas de dispersão urbana para fins comparativos. Analisar uma mesma cidade ou região em diferentes períodos pode servir monitorar a evolução do fenômeno da dispersão urbana ao longo do tempo, ao passo que comparar diferentes cidades ou regiões permite estabelecer onde o fenômeno ocorre com maior intensidade.

Os estudos analisados e as principais contribuições de cada um são sintetizados a seguir. Procura-se verificar em cada um, como é tratada a questão da acessibilidade.

2.1.1 Galster *et al.* (2001)

Galster *et al.* (2001) apresentam uma definição conceitual de dispersão urbana baseada em oito dimensões (densidade, continuidade, concentração, agrupamentos, centralidade, nuclearidade, diversidade, proximidade), que correspondem a padrões espaciais. Dispersão urbana ocorreria quando valores baixos fossem encontrados para uma ou mais dessas dimensões. Os indicadores são aplicados a 13 centros urbanos nos Estados Unidos. Esse estudo representou uma ruptura no desenvolvimento de métodos para mensurar dispersão (Jaret *et al.*, 2005), Sua contribuição está em identificar variadas formas que a dispersão urbana pode assumir e em encorajar pesquisadores a explorar outras dimensões da dispersão urbana, não apenas densidade.

2.1.2 Ewing, Pendall e Chen (2002) / Ewing e Hamidi (2014)

Ewing, Pendall e Chen (2002) introduzem a importante questão dos efeitos da dispersão, reconhecendo acessibilidade como um aspecto fundamental para o estudo do fenômeno, e ressaltando que não são as formas em si que tornam a dispersão urbana um fenômeno não

desejado, mas sim os efeitos que ela produz, remetendo à questão do desempenho urbano. Utilizam 22 indicadores relacionados a quatro aspectos mensuráveis da dispersão urbana (densidade, mix de usos, concentração de atividades, acessibilidade), que são sintetizados em um índice geral de dispersão, a fim de produzir um *ranking* de cidades mais dispersas. Os autores verificam ainda a relação desses indicadores com outro conjunto de indicadores, de qualidade de vida (tempo de viagem, congestionamentos, acidentes, qualidade do ar, e outros), procurando identificar impactos da dispersão urbana na vida das pessoas. Os indicadores são aplicados a 83 áreas metropolitanas dos Estados Unidos, com dados de 1990 e 2000 (EWING *et al.*, 20002). Posteriormente houve uma atualização nas medidas, com dados de 2010 (EWING & HAMIDI, 2014).

Em seu estudo, acessibilidade é medida de três formas: comprimento médio dos quarteirões; área média dos quarteirões; e porcentagem de quarteirões pequenos. São indicadores bastante simples, que remetem às ideias de Jane Jacobs (1961/2007) sobre a importância de quadras curtas.

2.1.3 Bertaud e Malpezzi (2003) - Holanda e Ribeiro (2006)

Bertaud e Malpezzi (2003) também tocam na questão do desempenho. Com seu índice de dispersão, assumem que quanto menor a distância média dos locais de moradia ao principal local de concentração de empregos e serviços, melhor o desempenho da forma urbana. Medem a distribuição espacial da população em 50 cidades no mundo todo. Utilizam reduzido número de indicadores, mas que abarcam importantes dimensões da dispersão urbana: a superfície da área construída, a forma dessa área e o modo como a população se distribui.

Ribeiro e Holanda (2006) complementaram o estudo, atualizando os dados para as cidades brasileiras e incluindo mais 7 cidades do País, além de normalizarem os resultados dentro de uma escala padronizada, o que facilita a comparação entre os valores encontrados para diferentes centros urbanos.

Esses estudos são importantes, sobretudo, por sistematizar mensuração da dispersão para elevado número de cidades do mundo todo. O

índice de dispersão utilizado pelos autores, no entanto, considera apenas a acessibilidade a um único Cento de Comércio e Serviços (CCS), ou seja, o centro da cidade.

2.1.4 Ojima (2007)

Ojima (2007) analisa exclusivamente padrões brasileiros, com foco na questão da forma urbana e distribuição das densidades. Trabalha com indicadores que se referem a quatro dimensões da dispersão urbana (densidade, fragmentação, linearidade/orientação, integração/centralidade), a partir dos quais cria um índice composto, utilizado para comparar 37 aglomerações urbanas do Brasil.

O pesquisador não inclui, dentre seus indicadores, medidas de acessibilidade, uma vez que seu foco está no estudo demográfico da dispersão urbana. Mas cabe destacar que seu estudo traz valiosas contribuições teóricas e metodológicas para o tema, como por exemplo, sobre o recorte das aglomerações urbanas brasileiras com base em dados sobre movimentos pendulares.

2.1.5 Frenkel e Ashkenazi (2008)

Frenkel e Ashkenazi (2008) desenvolvem índice composto que avalia se a cidade é dispersa ou compacta e quão dispersa ou compacta ela é. Dividem os indicadores em dois grupos: de configuração (relacionados à forma e densidades) e de composição (relacionados a mistura de uso do solo). Aplicam as medidas a 78 cidades israelenses, grandes, médias e pequenas, utilizando dados de meados da década de 1980 e de 2002.

Assim como Torrens (2008), os autores exploram o caráter multidimensional da dispersão urbana, mas deixam de fora a questão da acessibilidade.

2.1.6 Torrens (2008)

Torrens (2008) desenvolve uma série de indicadores que traduzem características da dispersão urbana, relatadas na literatura, em variáveis quantificáveis (crescimento urbano, densidade, atividades/uso do solo, fragmentação, descentralização, acessibilidade); verificadas tanto na escala da cidade como na escala intra-urbana. A principal contribuição desse trabalho, está no uso de técnicas mais sofisticadas de

análise espacial e geoestística, muitas das quais já haviam sido apresentadas por Torrens e Alberti (2000) em trabalho anterior. Outra importante contribuição está na visualização dos resultados em escala intraurbana. A aplicação empírica é feita para a cidade de Austin, com dados de 1990 e 2000.

A acessibilidade é mensurada através de cinco indicadores: acessibilidade ao centro (*Central Business District – CDB*), aos grandes empregadores, a escolas, a outras oportunidades educacionais, a usos do solo não desejados. Torrens (2008), no entanto, não especifica com precisão o método de cálculo e o nível de desagregação dos dados utilizados.

2.2 Discussão dos indicadores sugeridos na literatura

Como se pode verificar, nos estudos mencionados, a questão das densidades é um dos aspectos mais enfatizados. Para Ewing, Pendall e Chen (2002), densidade não deveria ser tão enfatizada. Segundo os autores, há outros indicadores tão importantes quanto densidade, como mistura de usos e conectividade das vias.

Constata-se também questões metodológicas. Vários dos indicadores utilizados procura caracterizar densidades conforme sua distância ao centro. Um dos problemas dessa e de outras medidas que se baseiam em distâncias ao centro é que pressupõem a existência de apenas um centro na cidade. Evidências empíricas, no entanto, mostram que as cidades são cada vez menos monocêntricas e apontam para uma estruturação urbana cada vez mais complexa e distante do modelo de cidade monocêntrica, ou do paradigma centro-periferia. Segundo Maraschin (2009, p.40), “mesmo as cidades que ainda têm um centro vital e tradicional, tipicamente possuem vários sub-centros que competem com o centro em termos de emprego”. Sob o ponto de vista dos fluxos de mobilidade pendular, OJIMA (2011, p.130) observa que “generalizações em termos da dicotomia centro-periferia devem ser repensadas”, já que os dados empíricos de movimentos pendulares apontam para uma realidade bem mais complexa.

Medidas de densidades, forma urbana (mensurada através de grau de compacidade e fragmentação, por exemplo) ou variedade de usos do solo são frequentemente empregadas

para caracterização da dispersão urbana, mas em geral são indicadores simples, de geometria ou de intensidade de presença em determinadas áreas, que podem ser setores censitários, bairros ou cidades inteiras. A crítica que se pode fazer a esse tipo de medida, com base em Bertuglia, Clarke e Wilson (1994) e em Netto e Krafta (2009), é que não permite verificar relações entre áreas. Tanto as medidas puras de densidade, ou seu decaimento em relação ao centro, não consideram as relações entre atividades complementares, como moradia e trabalho, essas sim, responsáveis pela geração de fluxos de movimentação de veículos e, conseqüentemente, efeitos no desempenho. Sendo assim, quando o objetivo da análise remete a efeitos da forma urbana, o foco deveria estar muito mais na configuração da malha urbana e na distribuição das atividades, remetendo a fluxos e relações espaciais, do que no grau de compacidade da mancha urbana ou em algum outro aspecto isolado, como densidade populacional.

Em resumo, as principais limitações encontradas a partir da leitura desses estudos sobre mensuração da dispersão urbana são:

Muita ênfase é dada à questão de densidade e forma urbana, sendo que poucos estudos enfatizam a questão dos efeitos da dispersão no desempenho urbano.

Os métodos existentes dificilmente capturam sub-centros, e quando o fazem, não permitem fazer uma relação direta com as densidades residenciais. Em sua maior parte, tratam-se de medidas não sistêmicas, ou seja, raramente avaliam relações entre partes do sistema, como, por exemplo, interação espacial entre locais de residência e locais de empregos/serviços.

Poucas explorações são feitas na escala intraurbana, o que significa que particularidades da estrutura espacial urbana, como configuração da rede de ruas e distribuição precisa das atividades têm ficado de fora dos estudos sobre dispersão urbana. Os métodos propostos por Torrens (2008) e por Frenkel e Ashkenazi (2008), embora trabalhem com a escala intraurbana, não utilizam um método descritivo tão detalhado quanto o que se propõe neste trabalho.

Acessibilidade é um aspecto que, apesar de sua reconhecida relevância para o debate sobre dispersão urbana, é pouco

explorado metodologicamente. As medidas de acessibilidade, quando existem, são bastante simples, não aproveitando todo o potencial de uma farta literatura que já existe sobre métodos mais precisos de medir acessibilidade, e que poderiam compor, junto com as medidas de densidade e forma urbana, um conjunto de indicadores que realmente abordasse o fenômeno da dispersão urbana sob um ponto de vista multidimensional.

A próxima seção mostra de que formas os métodos utilizados em estudos configuracionais urbanos podem contribuir para um avanço nos métodos de mensuração da dispersão urbana.

3. ABORDAGEM CONFIGURACIONAL

Para mensurar acessibilidade com precisão é preciso lidar com particularidades da estrutura espacial urbana em escala intraurbana, tais como a configuração da rede de espaços públicos e a distribuição das atividades. A rede de ruas, ou rede de espaços públicos tem o importante papel de mediar relações, por exemplo, entre firmas e trabalhadores (NETTO & KRAFTA, 2009). É preciso, portanto, aprofundar o método descritivo da estrutura espacial urbana. O campo de estudos configuracionais urbanos é o que parece dar melhor resposta a essa questão, como se verá a seguir. Além do método descritivo, é preciso evoluir para métodos analíticos de abordagem sistêmica. Para Netto (2014), a contribuição a ser derivada dos estudos configuracionais é

justamente a captura mais precisa da estrutura espacial urbana e de como ela facilita ou dificulta a interatividade entre agentes.

Uma análise sistêmica explora relações entre elementos que fazem parte de um mesmo sistema, ao invés de analisar cada parte isoladamente. Nesse tipo de abordagem cada elemento é analisado segundo seu papel no conjunto todo e subentende-se que modificações em qualquer parte do sistema acabam afetando as demais, uma vez que todas se interconectam entre si.

Conforme Batty (2007), sistemas são concebidos como tendo subsistemas unidos por interações, assim evocando a ideia de *rede*, e cidades são artefatos extremamente sugestivos para tal teoria. Entender a cidade como uma rede, constituída de partes que interagem dinamicamente umas com as outras, abre possibilidades de aplicar metodologias utilizadas em outros campos do conhecimento – como análise de redes e teoria dos grafos – em análises espaciais urbanas.

Nos estudos configuracionais urbanos, a cidade é considerada como uma rede de espaços (HILLIER & HANSON, 1984/1990) e formas edificadas que abrigam atividades urbanas (KRAFTA, 1994, 2014). Configuração também pode ser vista como uma maneira de descrever o espaço urbano, que difere de outras no sentido de ser uma descrição sistêmica, e que toma espaço urbano em um nível mais detalhado ao olhar para sua estrutura interna (KRAFTA, 1997).

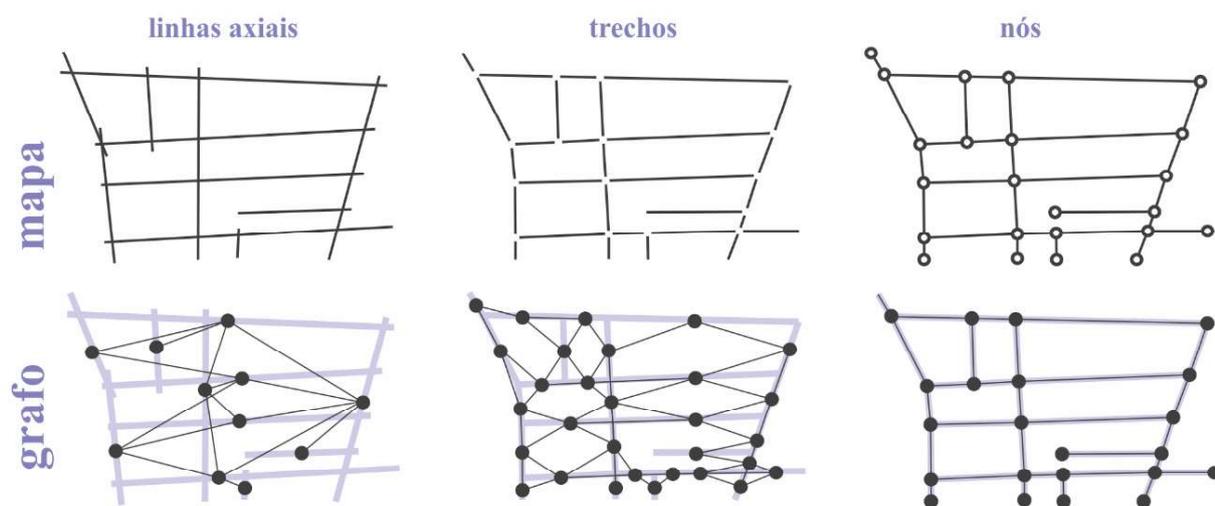


Fig. 1 - Diferentes tipos de representação e seus respectivos grafos.

Para operacionalizar análises quantitativas, os estudos configuracionais têm utilizado métodos de análise de redes. A principal diferença deste tipo de abordagem para outras (não-sistêmicas) é a inclusão de informações sobre conexões e o foco nas interações entre elementos que de alguma maneira encontram-se conectados. Esse tipo de análise requer um adequado método de representação. A principal linguagem matemática utilizada para representar redes vem da teoria dos grafos. Grafos consistem em conjuntos de nós e de linhas, que constituem esquemas simples e diretos para representar relações ente entidades. Dois tipos de informações estão presentes em um grafo: *nós*, também chamados *pontos* ou *vértices*, representam entidades e *linhas*, também conhecidas como *arcos*, representam ligações (relações) entre elas. Esse tipo de notação vem sendo utilizado para a análise de problemas de redes e sistemas do mundo real, como por exemplo análise de redes sociais (WASSERMAN & FAUST, 1994). Estruturas urbanas também podem ser representadas por meio de grafos.

Variadas técnicas de representação podem ser empregadas, sendo que as mais frequentemente utilizadas descrevem o sistema urbano através de linhas axiais, trechos de ruas ou mapas nodais, como mostra a Figura 1. Outros esquemas de representação podem ser encontrados em Krafta (2014). Para cada tipo de mapa existe um grafo correspondente, que possibilitará a operacionalização de medidas como, por exemplo, centralidade ou acessibilidade, baseadas na posição relativa de cada nó na rede.

Diversas métodos analíticos de diferenciação espacial tem sido propostas dentro da abordagem configuracional, incluindo medidas de acessibilidade. O método da *sintaxe espacial* (HILLIER & HANSON, 1984/1990), bastante conhecido, por exemplo, utiliza uma medida de acessibilidade que se baseia em distâncias topológicas e uma descrição por meio de linhas axiais.

É bastante comum, nos estudos configuracionais urbanos, medir distâncias em termos topológicos. No entanto, para o caso da dispersão urbana o ideal seria utilizar distâncias métricas e descrição por meio de mapa nodal, onde os nós representam formas edificadas e as linhas

representam trechos de ruas. Conceitualmente significa dizer que todas as formas edificadas são conectadas por espaços públicos. Batty (2004) aponta vantagens deste método descritivo, dentre elas que o grafo é igual ao mapa que descreve, permitindo uma mensuração de distâncias em unidades métricas mais fiel às distâncias reais.

Métodos descritivos e analíticos desenvolvidos no campo dos estudos configuracionais mostram-se, portanto, particularmente úteis para mensurar dispersão urbana, uma vez que possibilitam a representação precisa de elementos da estrutura espacial urbana e a partir disso permitem verificam conectividade e distância entre elementos.

4. ÍNDICE DE DISPERSÃO URBANA BASEADO EM MEDIDA DE ACESSIBILIDADE PONDERADA

Acessibilidade pode ser entendida genericamente como facilidade de acesso, ou, na definição de Ingram (1971), capacidade de ser alcançado, implicando, portanto, em uma medida de proximidade entre dois pontos. Nesse caso, pode ser medida em termos de distância relativa de cada localização urbana a todas as demais. Em sua formulação mais básica, a acessibilidade pode ser calculada pelo somatório de distâncias de um espaço a todos os outros, de modo que o espaço mais acessível é aquele que apresenta a menor soma das distâncias, ou seja, é o espaço que está mais próximo dos demais.

Diversas métodos de medir acessibilidade podem ser encontrados na literatura, incluindo métodos que relacionam o conceito de acessibilidade ao modelo gravitacional ou à ampla família de modelos de interação espacial (WILSON, 1971, 1974). O cálculo da medida de acessibilidade baseada em modelos gravitacionais parte da ideia de que acessibilidade entre uma origem e um destino carece dos seguintes componentes: capacidade de uma origem em gerar viagens; habilidade de um destino em atrair essas viagens; distância a ser percorrida entre origem e destino; e algum mecanismo de ponderação que desencoraje viagens muito longas.

Acessibilidade é um aspecto diretamente relacionado com desempenho urbano e frequentemente citado nos estudos sobre dispersão, mas pouco explorado metodologicamente,

ou seja, em termos de operacionalização de medidas. O presente estudo procura suprir essa lacuna propondo um índice de dispersão baseado em medidas de acessibilidade, verificando desencontro entre locais de residência e locais de trabalho.

Tal verificação leva em conta dois aspectos: a) rede de espaços públicos (se for mais fragmentada ou mais extensa esse sistema terá um grau de dispersão maior); b) desencontro entre as atividades (se uma quantidade significativa de atividades não residenciais estiver distante das localizações residenciais, esse sistema tem um grau de dispersão maior). Para a mensuração destes aspectos propõe-se a utilização de um indicador de dispersão urbana baseado em uma medida de acessibilidade, que leve em conta as barreiras impostas pela rede de espaços públicos e a potencial interação entre atividades distribuídas pelo sistema urbano.

A verificação das distâncias entre as atividades (residenciais e não-residenciais), levando em conta a configuração da rede de ruas, em um dado sistema urbano, pode ser, portanto, um bom indicador do potencial que esse sistema apresenta em produzir deslocamentos maiores. Fala-se em potencial, uma vez que a medida é calculada apenas com base na localização das atividades, sem levar em conta os fluxos de deslocamentos reais, ou seja, aqueles que de fato ocorrem e que são influenciados, entre outros fatores, pelo sistema de transportes público.

4.1 Representação do sistema espacial urbano

Neste trabalho, o sistema espacial urbano – entendido como uma rede espaços públicos que conectam e dão acesso às formas construídas – é descrito por meio de um mapa nodal, que é igual ao seu grafo correspondente. Os nós do grafo representam localizações urbanas que contém porções de formas edificadas e as linhas representam segmentos de rua.

A cada entidade (nó) é atribuído o tipo de uso do solo, residencial ou não residencial – ou ambos. Cada nó recebe também um carregamento quantitativo que representa uma noção do peso daquela localização em relação às demais no sistema. Em outras palavras, esses pesos podem ser utilizados para diferenciar localizações em termos de, por exemplo, quantidade de população residente ou número de domicílios,

no caso do uso do solo residencial; e número de postos de trabalho ou vagas escolares, no caso do uso do solo ser não residencial.

Ressalta-se o alto grau de abstração do método descritivo adotado, bastante utilizado em estudos configuracionais, mas pouco usual em outros tipos de abordagens. A despeito de reduzir a cidade a linhas e nós, tal tipo de representação apresenta potencialidades, sendo que a principal delas está em evidenciar conexões espaciais entre localizações urbanas que contém determinadas atividades, permitindo desenvolvimento de um indicador de dispersão urbana centrado na questão da acessibilidade. Procura-se, dessa forma, uma maneira de obter algum avanço em relação a tradicionais análises espaciais intraurbanas que usualmente trabalham com unidades de análise isoladas, como, por exemplo, bairros e setores censitários, sem verificar relações entre elas.

4.2 Acessibilidade ponderada

A medida de acessibilidade que se pretende explorar aqui é uma medida de acessibilidade ponderada, que ao invés de analisar todas as interações espaciais possíveis entre todos os pares do sistema, trabalha apenas com pares de entidades complementares, isto é, que tenham algum tipo específico de relação (residência-trabalho, por exemplo), que pode ser lida como uma relação do tipo origem-destino. Para esta pesquisa, considerou-se que locais de residência correspondem à origem e que locais de trabalho correspondem a destino.

O primeiro passo para o cálculo da acessibilidade ponderada se refere, portanto, à identificação dos pares origem-destino e sua representação por meio de um grafo. Só entram no cálculo os pares que possuem como origem algum atributo residencial e como destino algum atributo não residencial. Em estudos empíricos esses pesos poderiam ser atribuídos a partir da quantificação de domicílios e de empregos, por exemplo.

Dessa forma, conforme se pode ver na Equação 1, a acessibilidade ponderada de cada entidade residencial (A_{ceP}) é calculada pelo somatório das distâncias (d_{ij}) a todas entidades de destino não residenciais, ponderadas por atributos tanto de origem (O_i) quanto de destino (D_j). Propositalmente, não se utiliza nenhum

fator de decaimento, justamente para que a medida seja sensível a grandes distâncias.

$$AceP = \sum (O_i \times D_j \times d_{ij}) \quad (1)$$

O exemplo a seguir demonstra como funciona a medida. A Figura 2 mostra um grafo com seus respectivos atributos de origem e destino, e também as distâncias entre as entidades, representadas por nós. Um mesmo nó pode conter atributos de origem e destino.

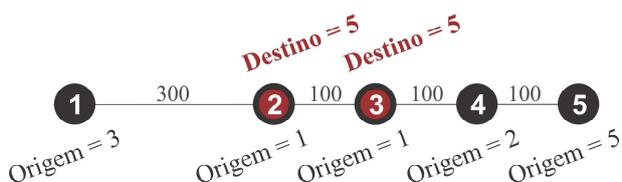


Fig. 2 - Grafo com seus respectivos atributos.

Tabela 1: Acessibilidade ponderada em cada entidade

	Pares	O _i	D _j	d _{ij}	Resultados
1	1-2	3	5	300	4500
	1-3	3	5	400	6000
AceP na entidade 1 =					10.500
2	2-2	1	5	0	0
	2-3	1	5	100	500
AceP na entidade 2 =					500
3	3-2	1	5	100	500
	3-3	1	5	0	0
AceP na entidade 3 =					500
4	4-2	2	5	200	2000
	4-3	2	5	100	1000
AceP na entidade 4 =					3.000
5	5-2	5	5	300	7500
	5-3	5	5	200	5000
AceP na entidade 5 =					12.500

A Tabela 1 mostra os resultados encontrados para esse exemplo. Após os cálculos, é possível fazer um ranqueamento dos resultados. As entidades com valores mais altos (1 e 5) podem ser interpretadas como aquelas com mais alto potencial de gerar maiores fluxos de deslocamentos – maiores em número de pessoas se deslocando ou em distâncias.

4.3 Indicador de dispersão urbana

Propõe-se, finalmente, um indicador de dispersão urbana que sintetiza os valores de acessibilidade ponderada encontrados para cada

entidade do sistema em uma única medida, possibilitando estudos comparativos entre diferentes sistemas.

$$I(D) = \frac{\sum AceP}{(\sum O \times \sum D)} \quad (2)$$

O indicador de dispersão urbana – I(D), expresso na Equação 2, é calculado por meio de uma média ponderada dos valores encontrados para a medida de acessibilidade ponderada (AceP) ponderada pelos atributos de origem (O_i) e de destino (D_j). Esse indicador de dispersão se refere, portanto, à média ponderada das distâncias entre locais de residência e trabalho, e pode ser interpretado como o grau de desencontro entre locais de residência e trabalho.

4.4 Operacionalização da medida de acessibilidade ponderada

Apesar do cálculo simples, a medida de acessibilidade ponderada (AceP) requer grande volume de procedimentos e de cálculos, tendo em vista que todos os pares precisam ser analisados, um a um. Por isso, optou-se por utilizar o *Numeropolis*, software desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Sistemas Configuracionais do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O software identifica, para cada nó de origem (residencial) todos os possíveis pontos de destino (não-residencial). Após a identificação de todos os pares origem e destino, as distâncias, são calculadas através de um algoritmo de caminho mínimo, que considera o menor trajeto possível entre duas localizações. Ao final do procedimento tem-se, para cada nó de origem, a medida de Acessibilidade Ponderada.

O software possibilita que os resultados sejam exportados e visualizados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

5. ESTUDOS EXPLORATÓRIOS

Alguns estudos exploratórios foram realizados no intuito de testar a sensibilidade da medida de Acessibilidade Ponderada e do Indicador de Dispersão Urbana do sistema a variações nos padrões de localizações de atividades e na configuração espacial da malha viária. Foram utilizados pequenos sistemas teóricos, na forma de grafos, representando, de

modo simplificado, diferentes possibilidades de padrões urbanos. Procurou-se utilizar grafos bastante simples – cuja comparação fosse fácil e intuitiva. Esses estudos permitiram entender melhor como os resultados se comportam a partir de alterações em cada uma das seguintes variáveis: a) configuração da malha viária; b) atributos de destino (locais de trabalho); c) atributos de origem (locais de residência).

A Figura 3 mostra exemplos de testes realizados, com seu respectivo resultado para

o indicador de dispersão urbana. No primeiro conjunto foram testados diferentes padrões de configuração de malha. No segundo, as medidas foram aplicadas a sistemas com diferentes padrões de distribuição dos locais de trabalho/empregos, sendo estes representados por nós mais escuros. No terceiro foram testados diferentes padrões de distribuição de empregos (destinos) e de residências (origens). Os resultados foram avaliados por meio de análise visual e análise estatística.

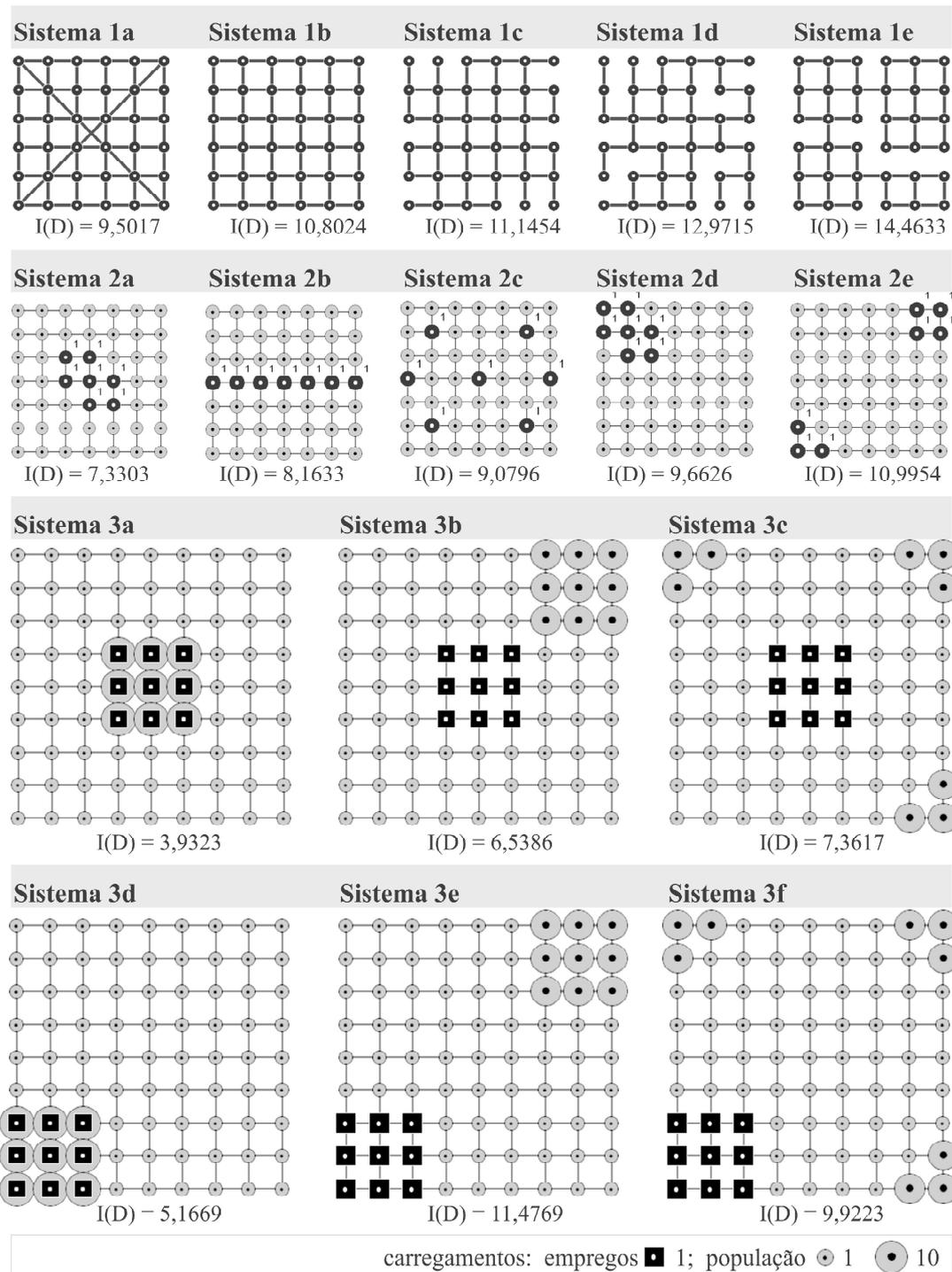


Fig. 3 – Sistemas testados e seus respectivos resultados para o indicador de dispersão urbana $I(D)$.

5.1 Variações na configuração da malha viária

Para testar a sensibilidade do indicador à configuração da malha viária, foram comparados os resultados para 5 sistemas teóricos, com variações no grau de conectividade dos nós, isto é, no número de ligações entre eles e na configuração dessas ligações, representando diferentes tipos de malhas urbanas. Dessa forma, conforme mostrado na Figura 3, o Sistema 1a corresponde a uma grelha com diagonais que cruzam o sistema, o Sistema 1b corresponde a uma grelha perfeita, o Sistema 1c corresponde a um sistema levemente fragmentado nas bordas, o Sistema 1d corresponde a uma configuração labiríntica, e o Sistema 1e corresponde a uma configuração em núcleos com poucas conexões entre si. Constata-se que o Indicador de Dispersão vai aumentando conforme se diminuem o número de conexões entre os nós, isto é, as distâncias percorridas para chegar a todos os destinos aumentam.

Nesse caso, como não há pesos diferenciados nos pontos de origem e de destino, o Indicador de dispersão é a própria média aritmética dos valores. Para comparar essas médias procedeu-se a uma análise de variância simples (*One-Way ANOVA*), teste estatístico que permite comparar grupos de valores e descobrir se há diferença significativa entre eles. A maioria desses sistemas apresenta diferenças significativas, exceto na comparação entre 1c e 1d que apresentam altíssima probabilidade de serem iguais ($p=0,996$), e entre 1d e 1e ($p=0,255$).

Esses exemplos foram suficientes para constatar que a medida captura adequadamente a questão da conectividade da malha, e o aumento das distâncias a serem percorridas, sendo este decorrente de descontinuidades na rede de ruas. Estes testes não levaram em conta a distribuição dos locais de trabalho nem a distribuição da população. Pode-se dizer que ao considerar todos os nós como origem e destino, com peso 1, o cálculo pode ser entendido como uma medida simples de acessibilidade (não ponderada), baseada no somatório de distâncias de cada nó a todos os demais do sistema.

5.2 Variações nos atributos de destino (locais de trabalho)

Os atributos de destino, que se referem nessa pesquisa a atributos sobre locais de trabalho, podem variar enormemente de uma cidade a outra. Uma cidade pode apresentar diferentes padrões de distribuição dos locais de emprego, como, por exemplo, ter um centro principal, que concentra praticamente toda oferta de trabalho (padrão monocêntrico); pode ter diversos sub-centros (policêntrico); ou ainda pode ter um padrão mais difuso ou linear. Essas concentrações de locais de trabalho, por sua vez, podem apresentar diferentes configurações e distribuições, podem estar posicionadas em locais mais – ou menos – privilegiados em termos de acessibilidade em relação à totalidade do sistema. Aqui se procurou testar algumas dessas situações, verificando como o indicador responde a mudanças nessas propriedades.

Neste conjunto de testes, não se levou em conta a distribuição da população, todos assumem uma população distribuída homoganeamente (todos nós do sistema foram carregados com atributo de origem igual a 1) e foram realizados sobre a mesma base espacial, uma grelha perfeita com 49 nós (7x7) equidistantes entre si (100m). Os nós que contém atributos de emprego (destino) estão representados por pontos na cor preta, com o respectivo peso ou carregamento indicado ao lado.

Em 2a, os empregos estão concentrados no centro, ou seja, em locais com alta acessibilidade, por isso o Indicador de Dispersão ficou menor – os locais de residência estão todos próximos, ou seja, com boa acessibilidade aos locais de trabalho. Em 2b, os empregos estão distribuídos de forma linear. Sistema 2c a distribuição é difusa; no sistema 2d os empregos estão concentrados em um único núcleo em um dos cantos do sistema; e no Sistema 2e há dois núcleos. O Sistema 2e é o que apresentou maior Indicador de Dispersão, por ter a oferta de emprego toda na periferia do sistema, nos nós com menor acessibilidade.

Para comparar as médias se fez a análise de variância simples (*One-Way ANOVA*). Segundo esse teste, o Sistema 2a tem alta probabilidade de ser igual ao Sistema 2b ($p=0,651$). Isso provavelmente se explica pelo fato de ambos

apresentarem os empregos concentrados em um núcleo próximo ao centro geográfico do sistema, ou seja, em nós com menor somatório de distâncias. O Sistema 2c, por sua vez, possui alta probabilidade de ser igual aos Sistemas 2b ($p=0,230$) e 2d ($p=0,993$). Já o sistema 2d possui alta probabilidade de ser igual aos Sistemas 2b ($p=0,356$), 2c ($p=0,384$) e 2e ($p=0,993$). Constatase que essas probabilidades sempre se mostram altas ao comparar sistemas que guardam alguma semelhança no padrão de distribuição das variáveis de emprego. Quando o padrão é radicalmente diferente, como em 2a e 2e, por exemplo, o teste aponta médias altamente diferentes ($p=0,000$). Pode-se concluir que o indicador não é sensível a alterações pequenas, pelo menos para esse tamanho de amostra.

A principal conclusão após esse conjunto de testes é quanto mais central (ou mais acessível) for a concentração dos empregos, menor será o valor encontrado para o indicador de dispersão.

5.3 Variações nos atributos de origem (locais de residência)

A distribuição da população no território também varia de cidade para cidade, apresentando diferentes padrões. Neste terceiro conjunto de testes, foram introduzidas variações no padrão de distribuição nos atributos de origem, a fim de se verificar quão desconcentrados estão os locais de origem dos locais de destino. O objetivo é que o valor expresse uma quantificação que leve em conta não apenas distâncias, mas também quantidade de população, ou seja, potencial de gerar viagens em maior número.

Um sistema com 81 nós foi carregado com total de empregos igual a 9 e população igual a 162. Duas diferentes distribuições dos empregos foram testadas: i) empregos concentrados em um núcleo no centro geográfico – Sistemas 3a, 3b e 3c; ii) empregos concentrados em um núcleo na borda do sistema – Sistemas 3d, 3e e 3f. Para cada uma delas se testou a medida com três possíveis distribuições de população. Nos Sistemas 3a e 3d a população se concentra em um único núcleo que coincide com os locais onde há oferta de empregos. Nos Sistemas 3b e 3e a população se concentra em um único núcleo deslocado dos locais de emprego. Nos Sistemas 3c e 3f a população se concentra em três núcleos também deslocados dos locais de emprego.

Para comparar as médias se fez uma análise de variância fatorial (*Factorial ANOVA*), pois existem dois fatores influenciando nos resultados (distribuição de pesos nas origens e distribuição de pesos nos destinos). Este teste apontou para a análise dos dois fatores isoladamente, após comprovar que são independentes, ou seja, *não interagem*, para usar um termo da estatística.

Fez-se, então, um teste de post-hoc de Fisher para comparar o comportamento dos resultados para cada um dos fatores (origens e destinos). Este teste confirmou que, independentemente dos locais de origem, quando os locais de destino se encontram concentrados no centro do sistema (nos casos 3a, 3b e 3c) os valores resultantes são menores, ou seja, as distâncias entre origem e destino tendem a cair com esse padrão de distribuição espacial.

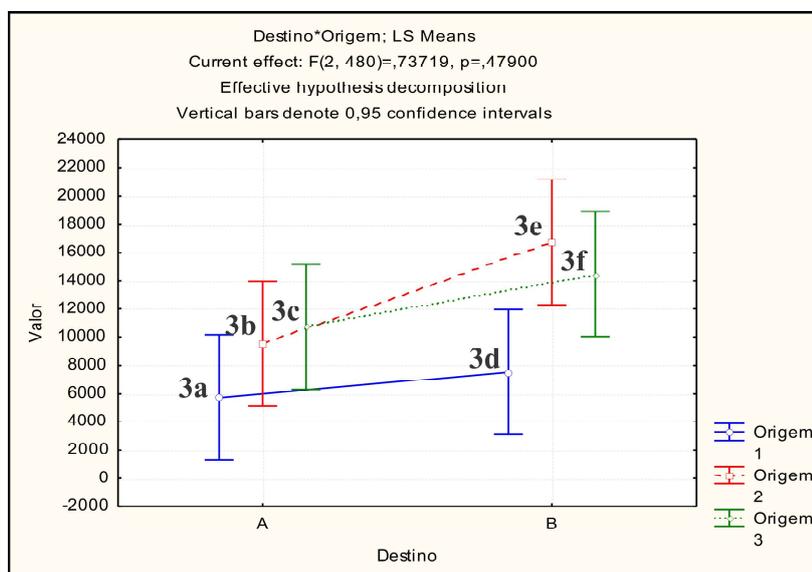


Fig. 4 – Resultado do teste estatístico desprotegido.

Analisando os três padrões de distribuições dos pesos de origem, o teste apontou que, independentemente de onde estejam os locais de destino, quando a população se concentra no centro (3a e 3d) os valores resultantes são significativamente menores do que quando se concentram em um dos cantos ou em múltiplos agrupamentos nas bordas ($p=0,004$ e $p=0,008$, respectivamente). Através desse teste se verificou também que não há diferença significativa entre 3b e 3c, ou entre 3e e 3f ($p=0,812$), ou seja, se os locais de origem estão desconcentrados dos locais de destinos, tanto faz se estão concentrados em um único núcleo (3b e 3e) ou em vários núcleos (3c e 3g).

Além disso, realizou-se um teste desprotegido, cujos resultados encontram-se no gráfico da Figura 4, o qual permitiu comparar simultaneamente todos os sistemas. A análise considera:

- Destino A = empregos no centro
- Destino B = empregos na borda
- Origem 1 = residências coincidem com os empregos
- Origem 2 = residências desconcentradas dos empregos, concentradas em um único núcleo
- Origem 3 = residências desconcentradas dos empregos, concentradas em três núcleos

Percebe-se que quando os empregos estão na borda do sistema (Destino B), as distâncias sempre aumentam em relação aos sistemas com os empregos no centro geográfico (Destino A). Quando a população está desconcentrada dos locais de emprego (Origem 2 e 3) as distâncias também aumentam, e esse aumento é visivelmente mais expressivo se os empregos estiverem nas bordas do sistema (situação de 3e e 3f).

5.4 Indicador local de acessibilidade ponderada

Conforme já explicado anteriormente, o indicador de dispersão urbana funciona como uma medida global do sistema. O método proposto, no entanto, também permite a leitura de um indicador local, produzido através da medida

de acessibilidade ponderada.

Para o primeiro conjunto de testes, com sistemas sem carregamentos, esse indicador pode ser lido como uma medida simples de acessibilidade do tipo todos-com-todos.

Para o segundo conjunto de testes, com variações nos locais de destino apenas, o indicador de acessibilidade ponderada pode ser lido como um indicador simples de acessibilidade aos locais de emprego. A Figura 5 mostra os resultados da acessibilidade ponderada para o segundo conjunto de testes, sendo que os nós com maiores valores estão representados com maior tamanho. Esses seriam os menos acessíveis, isto é, com maiores distâncias aos locais de destino.

Para o terceiro conjunto de testes, formado por sistemas com carregamentos tanto nas origens quanto nos destinos, os nós com maior valor podem ser lidos como aqueles com maior potencial de causar fluxos, mas sua leitura não é muito intuitiva e visualizar esses resultados pode não fazer tanto sentido.

5.5 Discussão dos resultados

Aqui são elencadas as principais constatações sobre o método proposto, tendo em vista os estudos exploratórios realizados.

(i) A representação nodal é a mais adequada para o tipo de indicador proposto, uma vez que permite precisão tanto na descrição das variáveis de origem e destino, como na mensuração das distâncias entre elas, em unidades métricas. Esse sistema de representação pode ser aplicado inclusive em estudos empíricos.

(ii) Tanto a medida de acessibilidade ponderada quanto o indicador de dispersão são sensíveis a diferenças na configuração da rede viária. Nós com maior número de conexões, e melhor posicionados no sistema tendem a ter distâncias menores, e isso se reflete na média do sistema, dada pelo indicador de dispersão, que tende a diminuir.

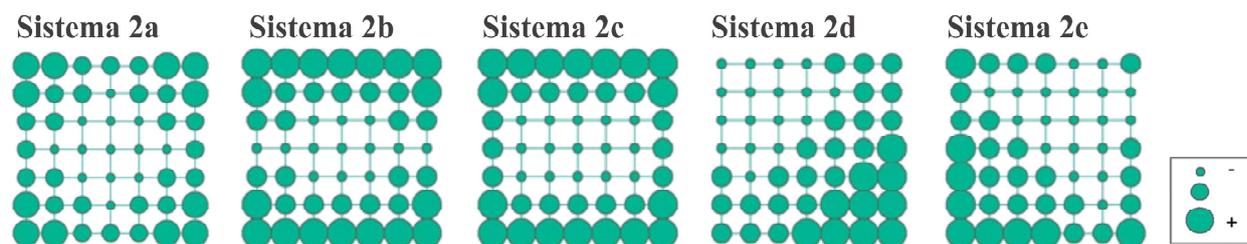


Fig. 5 - Resultados da medida de acessibilidade ponderada para o segundo conjunto de testes.

(iii) Sistemas de tamanhos diferentes (variando o número de entidades) também podem ser comparados, através do indicador de dispersão urbana, uma vez que a média dá conta de relativizar o número de entidades.

(iv) O terceiro conjunto de testes demonstrou que o indicador de dispersão urbana é sensível tanto à mudança na posição relativa do núcleo de empregos quanto à distribuição da população. Pode-se dizer, portanto que o indicador captura adequadamente diferenças entre sistemas com diferentes padrões de distribuição de população e empregos.

(v) Conforme são carregados pesos e atributos aos nós do grafo, têm-se três possibilidades de aplicação da medida local de acessibilidade ponderada. Se todas as origens e todos os destinos forem carregados com peso igual a 1, o modelo calcula uma medida de acessibilidade simples, ou seja, um somatório de distâncias gerado pela interação espacial de cada entidade com todas as demais. Se forem introduzidos pesos diferenciados para os nós de destino são computadas as distâncias de cada nó de origem a todos os nós de destino. Nesse caso a análise é direcionada (das origens a todos os destinos) e ponderada (pelos pesos de destino), e o indicador pode ser interpretado como um indicador de acessibilidade aos locais de destino, por exemplo. Ao introduzir pesos diferenciados também para os locais de origem tem-se um terceiro nível de leitura, onde a análise é direcionada (origem-destino) e ponderada por pesos de origem e também de destino. Nesse caso, o indicador de acessibilidade ponderada pode ser interpretado como um indicador de potencial para causar fluxos de interação entre atividades, sejam de origem ou de destino.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se propôs a contribuir para o desenvolvimento de metodologias para avaliação da dispersão urbana, aprofundando questões espaciais e configuracionais relacionadas ao fenômeno. Conforme se verificou na revisão da literatura, há poucos indicadores que levem em conta a escala intraurbana, e um dos aspectos chave para aferição de efeitos do fenômeno, a acessibilidade, tem sido pouco explorado. Por outro lado, viu-se que métodos dos estudos configuracionais podem trazer

valiosas contribuições ao debate da dispersão urbana, ao permitir verificações mais precisas de acessibilidade, levando em conta a configuração da rede de ruas e a localização precisa das atividades urbanas. Por isso, esse trabalho procurou aproximar e adaptar métodos dos sistemas configuracionais urbanos ao debate sobre a mensuração da dispersão urbana.

Buscou-se, dessa forma, avançar na questão da mensuração da dispersão urbana através da introdução de métodos descritivos mais precisos e indicadores sistêmicos para avaliação da acessibilidade e desencontro entre locais de residência e trabalho.

Os estudos exploratórios realizados indicam que o indicador de dispersão urbana baseado em medida de acessibilidade ponderada se mostrou coerente para verificação do grau de desencontro entre locais de residência e trabalho, aspecto chave do desempenho urbano. Apresenta, portanto, potencial para aplicação empírica em estudos comparativos do fenômeno, pois permite verificações em sistemas com diferentes tamanhos, configurações e distribuições de atividades.

Este trabalho considerou os atributos de origem como sendo uma abstração da quantificação de locais de residência e atributos de destino como locais de emprego. No entanto, outras explorações são possíveis. Os locais de destino poderiam ser áreas comerciais ou equipamentos comunitários, por exemplo. Os locais de origem poderiam ser grupos específicos da população, como, por exemplo, população de baixa renda.

Tendo em vista o caráter multidimensional do fenômeno da dispersão urbana, recomenda-se também, como futuro desdobramento da pesquisa, integrar o indicador proposto com outros métodos de mensuração da dispersão urbana, representativos de outras dimensões igualmente relevantes da dispersão urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTY, M. A new theory of space syntax. **CASA Working papers**, paper 75, Mar. 2004. 36 p. Disponível <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/publications>> Acesso: 20 outubro 2016.

BATTY, M. Complexity in city systems, understanding, evolution and design. **CASA**

- Working Papers**, paper 117, Mar. 2007. 36 p. Disponível em <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/publications>> Acesso: 12 março 2016.
- BERTUGLIA, C., CLARKE, G., WILSON, A. **Modelling the City: performance, policy and planning**. London, Routledge, 1994. 210 p.
- BERTAUD, A., MALPEZZI, S. **The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition**. Report, World Bank, 2003. 102 p. Disponível em <http://alain-bertaud.com/AB_Files/Spatia_%20Distribution_of_Pop_%2050_%20Cities.pdf>. Acesso: 2 novembro 2012.
- CHIN, N. Unearthing the Roots of Urban Sprawl: A critical analysis of form, function and methodology. **CASA Working Papers**, paper 47, Mar. 2002. 25 p. Disponível em <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/publications>> Acesso: 12 março 2016.
- EWING R., PENDALL, R., CHEN, D. **Measuring sprawl and its impact**. Report, Smart Growth America, 2002. 31 p. Disponível em <<http://www.smartgrowthamerica.org/research/measuring-sprawl-and-its-impact/>> Acesso: 30 maio 2011.
- EWING, R., HAMIDI, S. **Measuring Urban Sprawl and Validating Sprawl Measures**. Report, Smart Growth America, 2014. 158 p. Disponível em <<http://www.smartgrowthamerica.org/documents/measuring-sprawl-2014.pdf>> Acesso: 12 março 2016.
- FRANZ, G., MAIER, G., SCHRÖCK, P. Urban Sprawl: How Useful is this Concept? In: 46th Congress of the European Regional Science Association (ERSA). Volos, 2006. **Proceedings**. Paper 6, p. 1-29, 2006.
- FRENKEL, A., ASHKENAZI, M. Measuring urban sprawl: how can we deal with it. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.35, p. 56-79. 2008.
- GALSTER, G., HANSON R., RATCLIFFE M., WOLMAN H., COLEMAN S., FREIHAGE J. Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. **Housing Policy Debate**, v.12, p. 681-717. 2001.
- HILLIER, B., HANSON, J. **The Social Logic of Space**. Cambridge, Cambridge University Press, 1990. 281p. (Obra original publicada em 1984).
- INGRAM, R.. The concept of accessibility. **Regional Studies**, v. 5, p. 101-107. 1971.
- JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. 4. ed. São Paulo, Martins Fontes, 2000. 510p. (Obra original publicada em 1961. Título original: The death and life of great american cities).
- JARET, C., GHADE, R., REID, L., ADELMAN, R. The measurement of suburban sprawl: an evaluation. **American Sociological Association, City & Community**, v.8, p. 65-84, Mar. 2009.
- KRAFTA, R. Modelling intraurban configurational development. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, p. 67-82. 1994.
- KRAFTA, R. Urban configurational Complexity: definition and measurement. In: 1st International Symposium on Space Syntax. London, 1997. **Proceedings**, Paper 5, p. 1-12, 1997.
- KRAFTA, R. **Notas de aula de Morfologia Urbana**. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2014. 351p.
- MARASCHIN, C. **Localização comercial intra-urbana: análise do crescimento através do modelo logístico**. 2009. 266 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- NETTO, V. **Cidade & Sociedade: as tramas da prática e seus espaços**. Porto Alegre, Sulina, 2014. 431p.
- NETTO, V., KRAFTA, R. A forma urbana como problema de desempenho: o impacto de propriedades espaciais sobre o comportamento urbano. ANPUR, **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, 157-182. 2009.
- OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, v. 24, p. 277-300. 2007.
- OJIMA, R. Fronteiras metropolitanas: um olhar a partir dos movimentos pendulares. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba,

n.121, p. 115-132. 2011.

REIS, N.G. **Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano**. São Paulo, Vias das Artes, 2006. 201p.

RIBEIRO, R., HOLANDA, F. Proposta para análise do Índice de Dispersão Urbana. Observatório das Metrópoles, **Cadernos Metrópole**, v. 15, p. 49-70. 2006.

TORRENS, P. A toolkit for measuring sprawl. **Applied Spatial Analysis and Policy**, 1, p. 5-36. 2008.

TORRENS, P., ALBERTI, M. Measuring

Sprawl. **CASA Working Papers**, paper 27, Nov. 2000. 34 p. Disponível em <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/publications>> Acesso: 12 março 2016.

WASSERMAN, S., FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. Cambridge, Cambridge University Press, 1994. 825p.

WILSON, A.G. A family of spatial interaction models and associated development, **Environment and Planning**, v. 3, p. 1-32. 1971.

WILSON, A.G. **Urban and regional models in geography and planning**. London, J. Willey, 1974. 418p.