

ANÁLISE CONFIGURACIONAL DE ESTRUTURAS URBANAS IMPOSTAS A BARREIRAS FÍSICAS

B. M. G. Ribeiro, L. Corteletti, C. A. B. Mendes

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa é investigar a estrutura e a dinâmica espacial de uma cidade que possui barreiras urbanas – descontinuidades da estrutura urbana, podendo ser decorrentes de elementos naturais da paisagem (e.g., relevo acidentado e cursos d’água) ou antrópicos (i.e., obras de engenharia), decorrentes, especialmente, de elementos do sistema de transporte, como rodovias ou ferrovias. Para tanto, foi selecionado o município de Embu (SP). A metodologia utiliza técnicas e modelos desenvolvidos no campo dos sistemas configuracionais urbanos. Medidas de centralidade (i.e., Acessibilidade, Centralidade Freeman-Krafta Planar e Ponderada) e indicadores de desempenho (i.e., Convergência e Oportunidade Espacial) são aplicados comparando-se dois recortes espaciais distintos: o primeiro, considerando todo o território do município do estudo de caso; e o segundo, excluindo-se a porção leste do município, tomando-se como elemento divisor o traçado da rodovia BR-116.

1 INTRODUÇÃO

No processo contínuo de estruturação urbana, a configuração espacial das cidades é constantemente modificada, o que pode agravar as diferenças socioespaciais, impactando diretamente na vida da população (Sousa, Braga, 2011). As barreiras urbanas consistem em descontinuidades da estrutura urbana, e na maioria dos casos, devem-se ao sistema de transporte, podendo, entretanto, dever-se à existência de elementos da paisagem decorrente de fenômenos naturais ou obras de engenharia, como rodovias ou ferrovias.

Modelos urbanos podem ser entendidos como representações quantitativas e simplificadas da realidade, implicando numa escolha de variáveis significativas para o propósito do modelo (Echenique, 1975). Dessa forma, os modelos permitem a *escolha* de aspectos particulares da realidade e sua representação quantitativa. Os modelos configuracionais abordam a cidade como um sistema espacial, ou seja, um conjunto articulado de elementos que interferem e dependem uns dos outros (Hillier, Hanson, 1984; Krafta, 1994). Esses modelos enfatizam a importância das características da forma construída no sistema urbano e sua fundamentação conceitual reside no estudo da forma e/ou da morfologia urbana.

No presente trabalho, utilizam-se modelos configuracionais (Krafta, 1994; 1996), que se diferenciam por admitirem ponderações a partir de atributos (áreas, atividades, atratividade, entre outras) que podem ser alocados em cada célula espacial. Dessa forma, tais modelos trabalham com uma descrição sistêmica e ponderada, e que permite vários níveis de desagregação espacial, superando as limitações das descrições agregadas por setores ou zonas. Os modelos são capazes de captar nuances da distribuição espacial das facilidades urbanas num grau de precisão espacial tão minucioso quanto for a descrição espacial adotada no estudo. A aplicação destes modelos configuracionais permite desenvolver análises espaciais da rede de localidades de trabalho, por exemplo, bastante diversificadas e com

grande nível de desagregação espacial. Podem ser calculados diferentes indicadores, tanto do ponto de vista da oferta da possibilidade de trabalho (indicadores de eficiência), bem como do ponto de vista da demanda (indicadores de eqüidade).

O objetivo dessa pesquisa é investigar a estrutura e a dinâmica espacial de uma cidade que possui fortes barreiras urbanas. Medidas de centralidade são aplicadas comparando-se dois recortes espaciais distintos: o primeiro, considerando todo o município do estudo de caso; e o segundo, excluindo-se uma porção da cidade. Desta forma, pretende-se avaliar quais os impactos de uma ocupação densa, segregada do sistema urbano, no âmbito dos estudos configuracionais. Ao abordar a cidade como um sistema espacial, como um conjunto articulado de elementos que interferem e dependem uns dos outros, os modelos configuracionais enfatizam a importância das características da forma construída no sistema urbano e sua fundamentação conceitual reside no estudo da morfologia urbana.

2 ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE EMBU, SP

Embu é um município da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), localizado a oeste da capital paulista, que possui 70,49 km² de área, dos quais 59% inserem-se em Área de Proteção aos Mananciais da Bacia Hidrográfica Cotia–Guarapiranga, que alimenta a Represa Guarapiranga. A escolha do município de Embu como área de estudo deveu-se, em primeiro lugar, à disponibilidade de dados. Entretanto, com o decorrer das análises, observou-se um fenômeno que agrupa interesse no estudo de sua configuração espacial: a presença de barreiras físicas que dividem o município em duas partes muito segregadas (Figura 1).

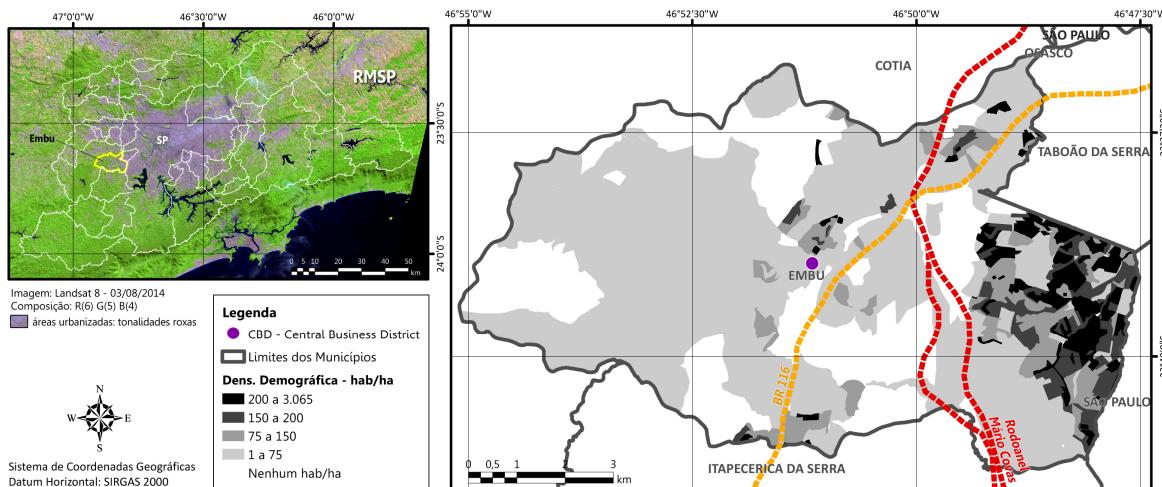


Fig. 1 Localização do município de Embu na RMSP. A continuidade da ocupação urbana do município de São Paulo é perceptível nas cidades linderas, inclusive na porção leste de Embu (em tons roxos). A direita: mapa da densidade demográfica (por setor censitário) de Embu (IBGE, 2011); em vermelho: Rodoanel Mário Covas; na cor abóbora: rodovia BR 116.

Atualmente, Embu possui uma população estimada de 256.247 habitantes (IBGE, 2013), resultado de um intenso crescimento ocorrido nas décadas de 1970 e 1980, decorrente tanto do aumento da população residente, como, principalmente, do processo de crescimento da RMSP, que expandiu sua área urbana para dentro do município de Embu. Nos primeiros anos da década de 1970, o município possuía pouco mais de 18 mil habitantes e no ano de 1991, já contava mais de 150 mil. Entre 2000 e 2010, este cenário de crescimento passou a apresentar uma tendência de estabilização, com taxas de crescimento de cerca 1,46% ao ano.

Este histórico de crescimento populacional não reflete, contudo, a conformação demográfica de Embu, pois a densidade demográfica média, de 34 hab/ha, não é uniforme ao longo do território: a densidade é especialmente alta na porção leste do município (Figura 1), devido ao tipo de urbanização (pequenos lotes, favelas, ruas estreitas, ausência de calçadas e praças) e à composição socioeconômica desta população (baixa escolaridade, pouca especialização

profissional, baixos rendimentos). A proximidade com a capital paulista, bem como a presença das barreiras naturais e artificiais (rodovia BR 116, a partir da década de 1960, e Rodoanel Mário Covas (SP-21), a partir de 2007), propiciaram o surgimento de bairros que desempenham maior interação com o município de São Paulo do que com a região central de Embu. Na década de 1970, a especulação imobiliária estimulou a ocupação na região leste do município, que oferecia lotes com baixo custo, tornando Embu em um município-dormitório. Atualmente, Embu possui baixa densidade demográfica nas porções oeste e central do município (até 150 hab/hectare), e alta densidade demográfica na porção leste, junto aos limites do município de São Paulo (Fig. 1).

Embora a porção leste do município seja muito adensada, não se trata, contudo, de uma ocupação por população de baixa renda: naquela área, a renda média mensal está na faixa dos 2 a 4 salários mínimos por pessoa residente nos domicílios (de R\$1.020 a R\$2.040 por morador) (IBGE, 2011). Na porção oeste é onde se localizam as maiores disparidades entre as faixas mais altas e mais baixas de renda, enquanto que a porção leste apresenta maior uniformidade espacial na sua distribuição. A questão de emprego e renda consiste num problema mundial: a taxa de desemprego global atingiu 6% da população economicamente ativa mundial, em 2013, chegando a 6,7% no Brasil (ILO, 2014). Nas regiões metropolitanas brasileiras, associada à questão da existência do emprego está a possibilidade (ou facilidade) de acesso ao local de trabalho, a partir do local de residência dos funcionários, e levando-se em consideração o cenário atual de crise de mobilidade urbana. Trata-se de um problema complexo, que possibilita uma oportunidade de explorar a análise espacial através de indicadores de desempenho baseados em modelos urbanos, capazes de descrever o estado do sistema urbano em termos de acesso aos locais de trabalho, bem como da eficiência dos mesmos. As medidas urbanas podem ser úteis para a análise da acessibilidade dos trabalhadores aos locais de emprego, item essencial para o estudo dos efeitos decorrentes da dispersão urbana no desempenho da rede, considerando-se o problema do aumento de deslocamentos como consequência da diminuição de acessibilidade.

O objetivo do presente trabalho é comparar as análises configuracionais realizadas sobre dois recortes espaciais distintos: o primeiro, considerando todo o município de Embu; e o segundo, excluindo-se a porção leste da cidade, tomando-se como elemento divisor o traçado da rodovia BR-116. Desta forma, pretende-se avaliar quais os impactos de uma ocupação densa em uma porção de um território no âmbito dos estudos configuracionais. Para possibilitar a análise comparativa de resultados de análises configuracionais realizadas sobre dois recortes espaciais, os objetivos específicos deste trabalho são: 1) apresentar uma metodologia de análise espacial baseada em modelos configuracionais urbanos; e 2) desenvolver uma aplicação empírica para a análise da distribuição espacial de uma facilidade urbana específica, neste caso, a ocorrência de empregos na cidade de Embu, SP. Em termos específicos, esta análise busca responder às seguintes questões: I) como se relacionam a localização das empresas e a acessibilidade da rede urbana em cada recorte espacial da área de estudo?; II) como se relacionam a localização das empresas e a hierarquia da rede urbana?; III) em quais localizações as empresas tendem a capturar mais população-alvo? (considerando que a população possua as mesmas condições de deslocamento); e IV) quais são as melhores localizações de moradia em relação às localidades de trabalho?

3 ANÁLISE ESPACIAL DE SISTEMAS CONFIGURACIONAIS

A complexidade dos sistemas urbanos e a natureza de seus processos de transformação vêm desafiando a pesquisa urbana a buscar novas abordagens que possam tratar esses fenômenos de forma adequada. Na área da modelagem urbana, diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas, abordando a cidade como um sistema complexo, formado por muitos elementos e relações, num estado fora de equilíbrio (Batty, 2005; Portugali, 2000; Allen, 1997). Segundo essa concepção, o sistema urbano é formado por uma grande quantidade de agentes tomando decisões simultâneas de localização, gerando uma dinâmica não linear, abrindo caminho para muitos futuros possíveis para a forma da cidade. Esses novos *insights* vêm colocando em cheque também a natureza e o papel do planejamento urbano. Há uma consciência crescente que é inútil o planejamento urbano tentar definir e impor uma forma

final para a cidade, visão comum nos planos diretores tradicionais e normativos. Os novos conhecimentos sobre a dinâmica da forma da cidade apontam para a necessidade de instrumentalização do poder público e da sociedade para analisar diferentes trajetórias possíveis do sistema urbano e suas implicações socioespaciais (Portugali, 2000). O processo de avaliação passa a desempenhar um papel central no sistema de planejamento urbano, e surge a necessidade de desenvolver métodos sistemáticos de monitoramento da evolução do sistema urbano, a fim de antecipar efeitos das transformações propostas pelos agentes. Nesse contexto, os modelos urbanos colocam-se como recursos importantes, que podem atuar como instrumentos de medida e de avaliação.

A presente pesquisa busca investigar a estrutura e a dinâmica espacial existente na distribuição dos locais de emprego e residência da população através de modelos configuracionais. Tais modelos aplicam metodologias de desagregação da cidade em componentes (e.g., unidades elementares de espaço, atributos espaciais) e suas relações (e.g., descrições topológicas, adjacências, centralidade). Para isto, a teoria dos grafos fornece a base analítica para o cálculo de diferentes medidas e propriedades da rede urbana. Os modelos assumem a hipótese do caminho mínimo, ou seja, de que as ligações entre células da rede sempre serão feitas pelos caminhos mais curtos. Dessa forma, toda cidade exibiria uma diferenciação espacial, ou seja, uma hierarquia na qual algumas células (espaços) se destacam pela sua posição relativa e/ou pelo número de conexões com os demais.

3.1 Indicadores de desempenho

As cidades contemporâneas refletem suas desigualdades socioeconômicas por meio de grandes contrastes na qualidade da habitação e do ambiente e também no acesso da população a bens e serviços urbanos (públicos e privados). O Brasil, por exemplo, apesar de possuir nível de renda acima da média mundial, destaca-se pela altíssima desigualdade interpessoal de renda (IPEA, 2013). Existe uma grande demanda de métodos para quantificar e analisar tais variações na qualidade de vida das cidades, visando informar as decisões de planejamento urbano e os investimentos públicos.

Desde os anos 1960, indicadores têm sido usados para produção de informações sobre a qualidade de vida nas cidades (Clarke, Wilson, 1994). Os indicadores de desempenho são medidas complexas, capazes de refletir as interdependências entre os componentes do sistema urbano, sendo, portanto, baseados em modelos urbanos.; buscam prover uma visão sintética sobre o estado do sistema urbano em um determinado momento, bem como avaliar prováveis impactos de ações de transformação urbanas. Os indicadores de eficácia ou eqüidade, que se reportam à qualidade de vida urbana, relacionam-se aos indivíduos e moradores, baseados na localização residencial e como esta é servida pelas organizações; e os indicadores de eficiência, relacionados às organizações prestadoras de serviços, que se reportam à economia do sistema como um todo, ou seja, à racionalidade do uso dos recursos e os custos gerais da vida e da produção econômica (Bertuglia; Rabino, 1994). Estes indicadores se diferenciam dos indicadores sociais clássicos, pois consideram a interação espacial entre população e organizações e são construídos a partir de modelos urbanos, com as variáveis selecionadas se relacionando de maneira sistêmica; possuem capacidade de avaliação do sistema urbano global, com referência a diferentes setores de serviço (e.g., escolas, hospitalais), diferentes estratos sociais (e.g., classes alta, média e baixa) e áreas urbanas específicas (e.g., uma rua, um bairro).

Os modelos urbanos, entendidos como representações quantitativas e simplificadas da realidade (Echenique, 1975), permitem a representação quantitativa de aspectos particulares do mundo real. Como resultado dessas raízes comuns, indicadores e modelos urbanos apresentam fortes relações lógicas e operacionais como: relações de complementaridade, o que justifica o uso das duas ferramentas, e as relações de similaridade, o que impõe condições de coerência lógica e operativa (Bertuglia, Rabino, 1994). É importante observar que os modelos apresentados não constituem indicadores de desempenho *per se*, mas um passo na sua elaboração. Uma avaliação de indicadores de desempenho urbano passa pelo julgamento dos resultados, de acordo com padrões, normas ou objetivos de planejamento

pré-estabelecidos (Clarke, Wilson, 1994). Diversos modelos direcionados à captura e descrição da diferenciação espacial são apresentados na literatura, e são mais conhecidos como formas de medidas de acessibilidade (Arentze *et al.*, 1994).

4 METODOLOGIA

A metodologia proposta baseia-se em modelos configuracionais, que permitem articular, de forma sistêmica, variáveis relativas ao espaço (distâncias), à população (dados socioeconômicos) e às empresas (i.e., ocorrência de empregos). São aplicados três modelos de centralidade – Acessibilidade, Centralidade Freeman-Krafta Planar e Ponderada (Krafta, 1994), utilizando o *software* Medidas Urbanas (Polidori *et al.*, 2001) e suporte de um ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas). As etapas metodológicas estão resumidas no diagrama de blocos na Figura 2.

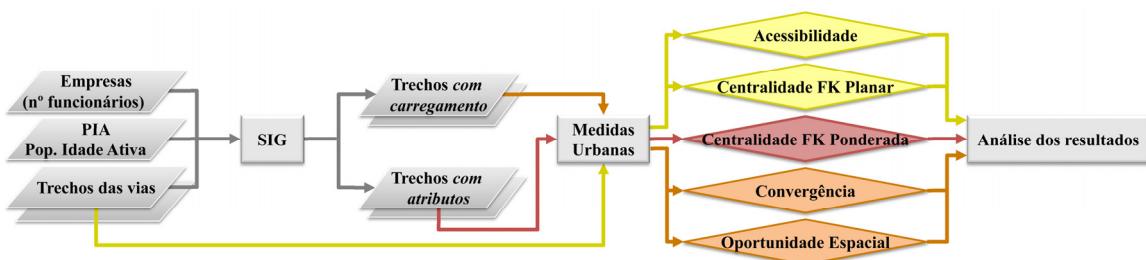


Fig. 2 Diagrama das etapas de desenvolvimento do trabalho.

Os dados utilizados nesta análise compreendem: a) dados censitários da população por faixas etárias – PIA (População em Idade Ativa) (IBGE, 2011); b) dados das empresas localizadas no município de Embu, incluindo a localização e o porte das empresas (por número aproximado de funcionários) (PME, 2013); e c) representação vetorial das vias da área de estudo sob forma de trechos de vias (Batty, 2004).

A área de estudo foi tratada em termos de dois recortes espaciais: CASO A: abrangendo o município de Embu na íntegra; CASO B, considerando somente porção oeste e central do município. Os bancos de dados foram construídos para cada um dos casos (recorte espaciais) em um ambiente SIG (ArcGIS v 10.1 - ESRI, 2012), onde foram integrados a rede de vias e os dados de demanda e oferta. Os dados de demanda e oferta foram agregados aos vetores dos trechos de rua utilizando técnicas de geoprocessamento. As bases vetoriais foram então importadas no *software* Medidas Urbanas v.1.5 (em “projetos” distintos), onde foram realizadas as análises de diferenciação espacial utilizando os modelos de Acessibilidade, Centralidade, Convergência e Oportunidade Espacial. Os resultados obtidos por meio da aplicação destes modelos foram inseridos no banco de dados geoespaciais (no SIG) para realização de análises das relações do sistema espacial com dados socioeconômicos.

5 RESULTADOS

Os resultados finais dividem-se em quatro conjuntos de mapas e gráficos auxiliares que procuram respondem às questões de pesquisa propostas. Os trechos são exibidos classificados conforme a medida calculada em cada caso. Os mapas de Acessibilidade, Centralidade Planar e Ponderada apresentam cinco classes cada um, e o modo de fatiamento adotado prezou pela manutenção de um valor fixo de trechos nas primeiras classes (e.g., classe 1: 200 trechos; classe 2: 300 trechos etc.), em vez de utilizar o fatiamento por porcentual de trechos (i.e., classe 1: 5% dos trechos etc.), uma vez que a comparação ocorre entre dois sistemas espaciais com quantidades diferentes de entidades espaciais (CASO A = 4.326 trechos de via; CASO B = 2.604). No caso destes três pares de mapas, os trechos que possuem os maiores valores da medida urbana em questão são apresentados em vermelho, seguido das cores laranja, verde e azul; por fim, os trechos com os menores valores da medida aparecem em cinza. Nos mapas de Convergência e Oportunidade Espacial são utilizadas apenas três classes para fatiamento dos resultados: os primeiros 200 trechos com maiores valores na medida urbana em questão são

exibidos em vermelho, seguidos dos 800 trechos seguintes, na cor laranja, e, por fim, os demais trechos são exibidos na cor bege. Gráficos de barras mostrando a distribuição da PIA (População em Idade Ativa) e do número de funcionários em cada classe de trechos segundo a hierarquia resultante da aplicação da medida urbana também são apresentados a fim de auxiliar na compreensão dos resultados obtidos.

5.1 Como se relacionam a localização das empresas e a acessibilidade da rede urbana em cada recorte espacial da área de estudo?

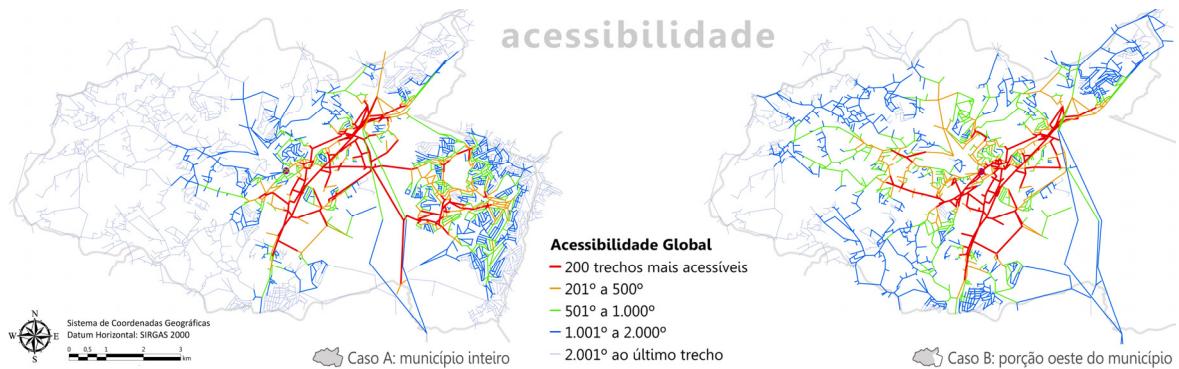


Fig.3 Mapas de Acessibilidade Global do sistema de trechos de ruas: considerando todo o município de Embu – CASO A; somente a porção a oeste do Rodoanel – CASO B.

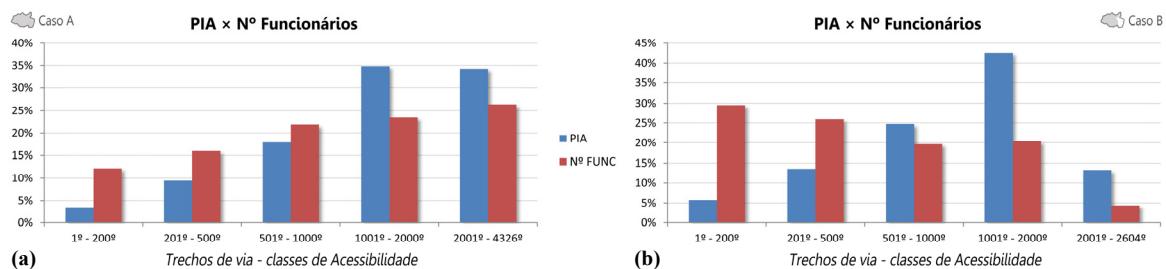


Fig.4 Gráficos: PIA e número de funcionários das empresas nos trechos de cada classe hierárquica da medida de Acessibilidade – (a) CASO A e (b) CASO B.

A Acessibilidade pode ser entendida genericamente como facilidade de acesso ou como a capacidade de um ponto no sistema ser alcançado (Ingram, 1971), implicando, portanto, em uma medida de proximidade entre dois pontos, e pode ser medida, nesse caso, em termos de distância relativa de cada localização urbana a todas as demais. Os mapas da Figura 3 mostram os resultados de acessibilidade global. Uma primeira análise de ambos os resultados mostra que o “miolo” de trechos mais acessíveis deslocou-se para Oeste com a retirada dos trechos da porção leste do município. Trechos de vias que figuravam entre os 2.000 e 4.326 piores colocados no ranking de acessibilidade global subiram para as segunda e terceira classes ao se aplicar a medida no CASO B (Fig. 3). Considerando os dois recortes espaciais da área de estudo (CASOS A e B), fica evidente o destaque para a rodovia BR-116 dentre os trechos mais acessíveis. Além disso, devido à própria conformação do sistema espacial e do território analisado propriamente dito, percebe-se maior facilidade na conexão entre os trechos no sentido Norte-Sul. Ao expandir-se no sentido Leste-Oeste, a evolução da cidade enfrenta a existência de barreiras naturais (relevo montanhoso e áreas de preservação ambiental na porção oeste) e artificiais (rodovias, na porção central do município), de modo que não há grandes conexões neste sentido. Em ambos os casos, embora o Rod. Mário Covas apresente a mesma característica de eixo de conexão Norte-Sul, nota-se que seus trechos não possuem alta acessibilidade, o que se deve ao fato de possuírem pouquíssimas conexões com outros trechos da rede. No CASO A, observa-se que apenas cerca de 3,5% da PIA reside nos 200 trechos mais acessíveis, enquanto que nesses locais concentram-se mais de 12% do número de funcionários das empresas. Esta relação inverte-se em direção aos trechos menos acessíveis do sistema, de modo que nos mais de 2.000 trechos menos acessíveis residem

quase 35% da PIA e localizam-se cerca de 27% do número de funcionários (Fig. 4).

5.2 Como se relacionam a localização das empresas e a hierarquia da rede urbana?

De modo geral, no âmbito da teoria dos grafos e da análise de redes, as diferentes medidas de centralidade de um vértice num grafo determinam a importância relativa deste vértice, ou seja, o quanto importante é uma via dentro de uma rede urbana. A Centralidade Freeman-Krafa Planar considera apenas a conformação da rede espacial sob estudo, sem contar com o carregamento de qualquer atributo nos nós da rede. Esta centralidade, ao se utilizar da noção de caminhos mínimos e da interação entre elementos não-adjacentes, acaba por valorizar os nós posicionados no meio desses caminhos. Estes nós seriam localizações com controle estratégico e influência sobre os demais, ou seja, possuem importância relativa, pois, se localizam em meio a muitos caminhos de conexão entre muitos outros nós. Em consequência disso, existe uma tendência a se encontrar maior centralidade no centro geométrico da rede.

Os mapas da Figura 5 apresentam os resultados da aplicação do modelo de centralidade planar nas redes urbanas dos CASOS A e B. De modo geral, os trechos de maior centralidade planar correspondem às vias arteriais e a muitas das coletoras/distribuidoras. A rodovia BR-116, novamente, apresenta altos valores desta medida de centralidade em ambos os casos. Analisando as mudanças na classificação dos trechos decorrente do cálculo da centralidade planar nos dois recortes espaciais da área de estudo, com a “remoção” de boa parte dos trechos de vias da rede na porção leste do município, trechos da porção oeste que fazem conexão Norte-Sul ganham destaque (CASO B).

Estas avaliações podem ser aprimoradas em busca de maior robustez em termos da representação da interação espacial de base gravitacional. A Centralidade pode ser ponderada por meio da atribuição de um valor para a tensão entre cada par de nós, sendo atribuída uma fração deste valor a cada nó que compõe o caminho mínimo entre estes. Neste estudo, é utilizado o atributo de população (IBGE, 2011) para ponderação da medida de centralidade.

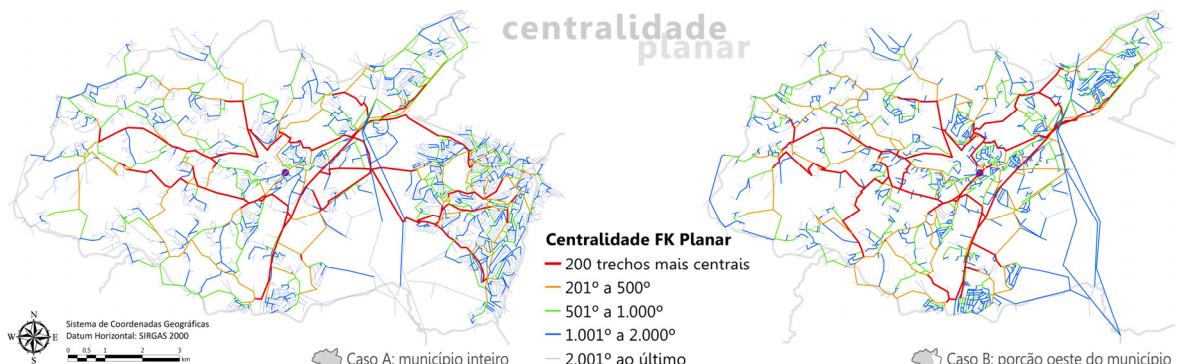


Fig.5 Mapas de Centralidade Freeman-Krafa Planar dos sistemas.

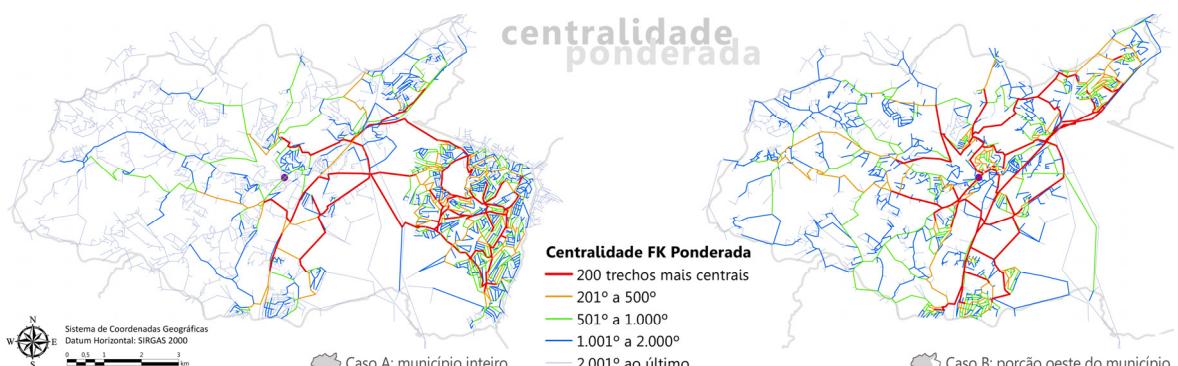


Fig.6 Mapas de Centralidade Freeman-Krafa Ponderada do sistema de trechos de ruas.

Os mapas da Figura 6 mostram o resultado da aplicação da medida de Centralidade Freeman-Krafta Ponderada nos dois recortes espaciais da área de estudo. A comparação dos dois dados mostra o evidente deslocamento dos trechos de maior centralidade ponderada da porção centro-leste para a porção centro-oeste, com a exclusão dos trechos de via da parte à Leste do Rodoanel Mário Covas. No CASO B, a centralidade aproxima-se do CBD (*Central Business District*, ou distrito comercial central) do município de Embu. No CASO B também se verifica um ganho de centralidade nos trechos relativos à BR-116, em comparação com a análise da rede espacial de todo o município (CASO A).

As relações entre a distribuição dos postos de trabalho e a hierarquia da rede espacial urbana permanecem muito semelhantes quando da aplicação das medidas de Centralidade Planar e Ponderada. Da mesma forma como observado na análise anterior, na análise da Centralidade Ponderada (pela população residente) *versus* a localização dos postos de emprego, no CASO A, observa-se que nos quase 50% dos trechos mais centrais (1º a 2.000º) estão 63,5% dos funcionários de empresas do município, e pouco menos de 47% da PIA (Fig. 7a). Da mesma forma, no CASO B, nos 5% dos trechos mais centrais (1º a 200º) estão pouco mais de 21% do número de funcionários e apenas 5,5% da PIA, cuja grande concentração está nos 604 trechos menos centrais da rede (48%). Nesta classe hierárquica, há apenas 7,5% dos postos de trabalho existentes (Fig. 7b).

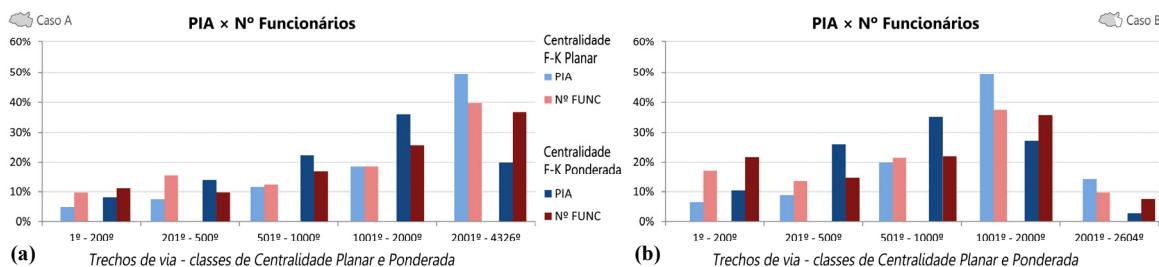


Fig.7 Gráficos: PIA *versus* número de funcionários das empresas nos trechos de cada classe hierárquica da medida de Centralidade Planar e Ponderada.

5.3 Privilégios locacionais: em quais localizações as empresas tendem a capturar mais população-alvo? (considerando que a população possua as mesmas condições de deslocamento). Quais são as melhores localizações de moradia em relação às localidades de trabalho?

A medida de Convergência pode ser definida como a localização privilegiada de pontos de oferta de um determinado serviço, em função da distribuição de potenciais consumidores e dos demais pontos de oferta desse serviço, isto é, a convergência retrata a eficiência ou capacidade de atrair usuários para diferentes pontos de oferta de serviços. Neste estudo, a oferta são os postos de trabalho, e a demanda, a PIA. Desta forma, a medida de Convergência indica em quais trechos se localizam as empresas com maior probabilidade de atrair este contingente de possíveis funcionários, considerando que eles possuam as mesmas possibilidades de deslocamento. A Figura 8 apresenta os resultados de Convergência dos sistemas espaciais dos CASOS A e B. Ao contrário das medidas de Acessibilidade e Centralidade, anteriormente apresentadas, no caso do cálculo da Convergência, os trechos relativos à rodovia BR-116 não figuram entre os mais convergentes do sistema. No CASO A, percebe-se que os trechos mais convergentes localizam-se nas porções central e leste. No CASO B, com a remoção das entidades da porção leste da rede, os trechos mais convergentes passam a se localizar principalmente na porção central, indo em direção ao Norte, e, de forma menos marcante, para Oeste.

Os gráficos da Figura 9 confirmam os resultados obtidos na aplicação da medida de convergência nas redes relativas aos dois recortes espaciais da área de estudo: em ambos os casos, nos 50% dos trechos mais convergentes está localizada a maior parte dos postos de trabalho (97% e 100%) (Fig. 9a – em roxo escuro). Entretanto, enquanto que no CASO A, nos 200 trechos mais convergentes localizam-se cerca de 23% do número de funcionários;

no CASO B, nos trechos mais convergentes estão quase 42% dos funcionários.

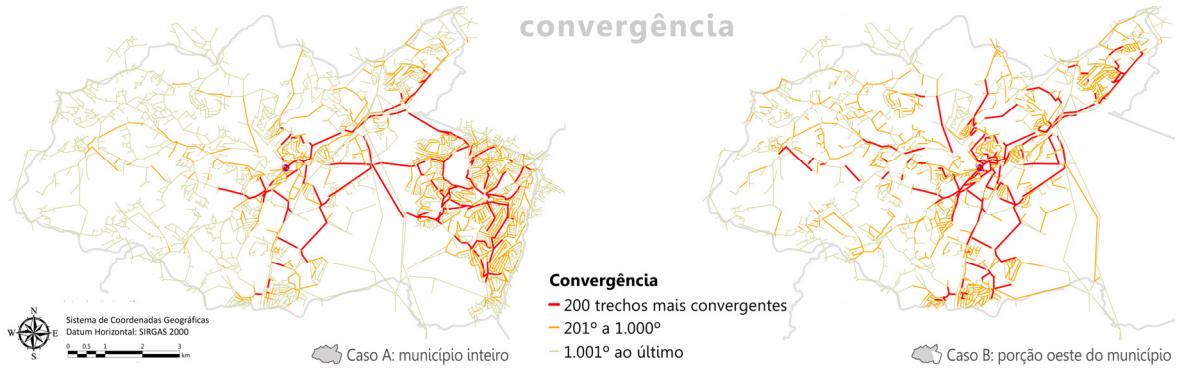


Fig.8 Mapas de Convergência do sistema de trechos de ruas.

Preliminarmente, uma conclusão possível reside na associação dos trechos de via mais privilegiados para localização das empresas, com o intuito de “capturar” seu público-alvo (a PIA), não ocorrer nos locais onde está esta população: ou seja, a medida de Convergência está indicando locais para onde a população tende a se deslocar para fins de trabalho.

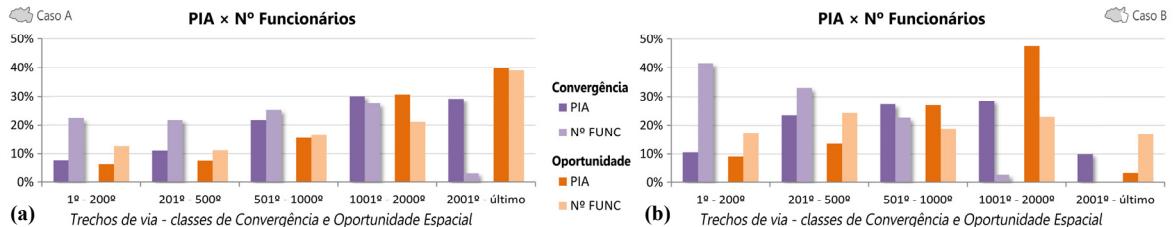


Fig.9 Gráficos: PIA versus número de funcionários das empresas nos trechos de cada classe hierárquica das medidas de Convergência (roxo) e Oportunidade Espacial (laranja).

Dentre os diversos índices ou indicadores que buscam medir o desencontro entre localizações e locais de concentração de empregos, sob forma de medidas de acessibilidade, baseadas na distância entre essas atividades, há a medida de Oportunidade Espacial, que procura identificar áreas mais privilegiadas em termos de acesso a serviços, e que não deixa de ser uma espécie de medida de acessibilidade. Esta medida reflete, então, o privilégio de localização residencial diante de um sistema de serviços (Krafta, 1996), neste caso, evidencia onde estão as localizações com maior privilégio quanto ao alcance dos postos de trabalho (considerando que todos os usuários possuem as mesmas condições de deslocamento). A Figura 10 apresenta os resultados da aplicação do modelo de Oportunidade Espacial. No CASO A, é marcante a presença de trechos privilegiados em termos de Oportunidade Espacial na porção oeste. Pelo fato da variável de demanda constituir item integrante do cálculo desta medida, não é de se surpreender que nesta região haja muitos trechos privilegiados. No CASO B, os trechos mais privilegiados surgem em direção a Norte e Oeste. De modo semelhante ao observado nos resultados do cálculo de Convergência dos sistemas, a BR-116 e o Rod. Mário Covas não aparecem em destaque, uma vez que não figuram dentre os locais de privilégio para captura de população, por parte das empresas, nem tampouco para a localização residencial, tendo como foco os postos de trabalho.

Os gráficos da Figura 9 (barras em laranja) apresentam a distribuição da PIA e dos funcionários empregados conforme as classes hierárquicas dos trechos de via segundo a medida de Oportunidade Espacial. Analisando-se o primeiro caso (Fig. 9a), observa-se que a distribuição de demanda e oferta nas classes de trechos assemelha-se aos dados plotados decorrentes da aplicação do modelo de Acessibilidade (Fig. 3): nos 200 trechos mais privilegiados segundo a medida de Oportunidade Espacial, localizam-se pouco mais de 6% da PIA e 12% do número de funcionários. Ambas as curvas seguem ascendentes em direção aos trechos menos privilegiados, que abrigam cerca de 40% de ambos os componentes.



Fig.10 Mapas: Oportunidade Espacial do sistema de trechos de ruas.

5.4 Limitações do método

Embora se tenha buscado clarificar algumas relações espaciais possíveis entre o local de trabalho e de moradia de uma dada população, faz-se necessária a realização de ressalvas com relação à precisão dos possíveis fluxos que decorram da determinação de pontos de “atração” da população ou de atração das empresas. Este estudo utiliza dados bem delimitados do que é esta *população* (neste caso, a PIA – População em Idade Ativa) e sua *localização* (as pessoas são vinculadas aos setores censitários, e este dado foi então transferido para os trechos de via pertinentes), e do que são os *locais de trabalho* (as empresas possuem uma localização nos trechos de via e comportam certo número de funcionários). Entretanto há que se destacar que, com base nesses dados, não é possível estabelecer a *origem* e o *destino* precisos deste movimento: sabe-se que as pessoas precisam ir de sua casa para o trabalho, mas não se sabe onde cada indivíduo ou grupo mora ou trabalha. A Figura 11 apresenta a distribuição da PIA, por setores censitários, e dos trechos de via classificados segundo o número de funcionários das empresas neles localizados. Por meio dela, é possível verificar que setores com grande número de pessoas em idade ativa localizam-se nas bordas do município de Embu, enquanto que as entidades da rede com maior quantidade de postos de trabalho localizam-se nas áreas central e leste.

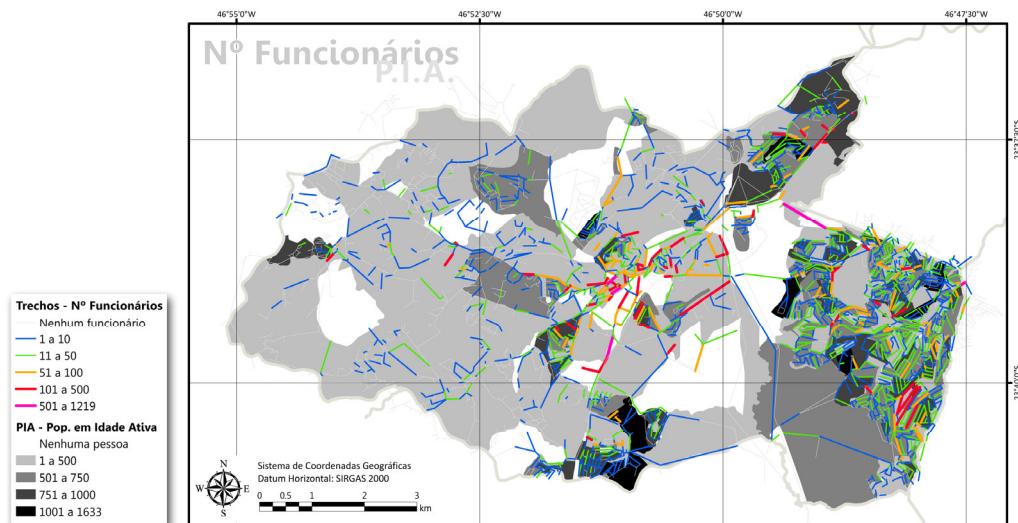


Fig.11 Mapa da distribuição da PIA, por setores censitários, e dos trechos de via classificados segundo o número de funcionários das empresas neles localizados.

O distanciamento entre moradores e locais de trabalho pode ser entendido como uma questão de **eqüidade**, apontando, em termos espaciais, para um desencontro entre áreas residenciais e áreas de concentração de empregos (Gonçalves, 2011). Entretanto, se analisado sob o ponto de vista da **eficiência**, este distanciamento ou dispersão das atividades não-residenciais não é

desejável, ou seja, sob ponto de vista da eficiência das relações econômicas, é preferível a aglomeração (i.e., maior proximidade entre essas atividades), pois a proximidade espacial pode minimizar custos em suas interações internas (Netto, 2014).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma aplicação de modelos configuracionais a fim de gerar indicadores de desempenho urbano relacionados à oferta (ou existência) de postos trabalho no município de Embu, SP. Foram analisadas a Acessibilidade e as Centralidades Planar e Ponderada, bem como os indicadores de desempenho: Convergência e Oportunidade Espacial. Dois recortes espaciais foram utilizados: o primeiro, considerando toda a rede urbana do município de Embu; o segundo, abrangendo somente as porções Oeste e central deste município, com base na existência de barreiras naturais e artificiais (rodovias) que naturalmente já restringem a conexão destas duas partes da cidade. A análise das mesmas medidas aplicadas em recortes espaciais distintos buscou comparar os impactos da alteração da rede (bem como dos atributos de demanda e oferta) sobre comportamento dos indicadores.

A medida de Convergência foi tomada como um indicador de eficiência, ou seja, a capacidade das empresas na polarização do público-alvo (a PIA – População em Idade Ativa). Esta é uma meta importante para mobilidade urbana, reduzindo os deslocamentos realizados na interação trabalho-residência, e também para a eficiência das relações econômicas, pois a proximidade espacial pode minimizar custos nas interações internas. A medida de Oportunidade Espacial representou um indicador de eqüidade, revelando a distribuição das oportunidades de acesso aos locais de trabalho pela população.

A aplicação de modelos configuracionais, aqui apresentada, permitiu o desenvolvimento de indicadores sistêmicos e com grande nível de disagregação espacial, para avaliação da eficiência e da eqüidade associadas aos arranjos geográficos particulares de tais instalações. A metodologia adotada permitiu realizar diversos tipos de análises e também propor muitos indicadores diferentes. Uma das vantagens da metodologia é ser flexível, permitindo criar análises diferenciadas e abrangendo várias escalas espaciais. Outro aspecto positivo é permitir uma análise sistêmica, ou seja, considerar os impactos de mudanças locais sobre todo o sistema espacial. Os modelos podem ser usados para avaliar estratégias locacionais de novos empreendimentos comerciais, auxiliando a construção de cenários “*what if*” para explorar as consequências de possíveis decisões de localização.

Por fim, pode-se concluir que o trabalho demonstra que a aplicação de modelos urbanos é uma alternativa promissora como base para a construção de tais indicadores de eficiência e eqüidade, servindo de suporte às decisões.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro à execução deste trabalho sob forma de bolsas de mestrado e doutorado; e ao prof. Romulo Krafta, pela permissão de uso do *software* Medidas Urbanas v.1.5 para fins de pesquisa acadêmica.

8 REFERÊNCIAS

- Allen, P. M. (1997) **Cities and regions as self-organizing system**, Gordon & Breach Science Publishers, Amsterdam. 275 p.
- Arentze, T. A., Borges, A. W. J. e Timmermans, H. J. P. (1994) Multistop-based Measurement of Accessibility in a GIS Environment. **International Journal of Geographical Information Systems**. 8(4), 343-356. DOI: 10.1080/02693799408902005.
- Batty, M. (2004) **A new theory on Space Syntax**. CASA Working Paper nº 75. 36 p. Londres:

CASA - Centre for Advanced Spatial Analysis. University College London.

Batty, M. (2005) **Cities and Complexity. Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals**, MIT Press, Cambridge/Londres. 592 p.

Bertuglia, C.; Clarke, G. e Wilson, A. (1994) **Modelling the City: performance, policy and planning**. Routledge, Londres.

Bertuglia, C. S. e Rabino G. A. (1994) Performance Indicators and evaluation in contemporary urban modelling, *in* C. S. Bertuglia, G. P. Clarke e A.G. Wilson (eds.), **Modelling the city. Performance, Policy and Planning**, Routledge, Londres. 37-54.

Echenique, M. (1975) **Modelos Matemáticos de la Estructura Espacial Urbana, Aplicaciones en América Latina**. Ediciones SIAP / Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires. 287 p.

ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc. (2012) **ArcGIS. Professional GIS for the desktop (v. 10.1)**, ESRI, Redlands.

Gonçalves, A. R. (2011) **Indicadores de Dispersão Urbana**, Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional), Univ. Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre.

Hillier, B. e Hanson, J. (1984) **The social logic of space**. Cambridge University Press, Cambridge. 296 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011) **Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo Agregados por Setor Censitário - Características da População e dos Domicílios**. Rev. 02/22/2013. IBGE, Rio de Janeiro.

_____. (2013) **Estimativas da População residente nos Municípios Brasileiros com Data de Referência em 1º de Julho de 2013**. Rev. 04/10/2013. IBGE, Rio de Janeiro.

Ingram, D. R. (1971) The concept of accessibility: A search for an operational form. **Regional Studies**, 5(2),101-107. DOI:10.1080/09595237100185131.

Krafta, R. (2009) Estrutura espacial urbana, centralidade e ordem simbólica na Região Metropolitana de Porto Alegre, *in* Krafta, R. (org.), **Análise espacial urbana: aplicações na Região Metropolitana de Porto Alegre** Ed. UFRGS, Porto Alegre. 107-126.

Krafta, R. (1994) Modelling intraurban configurational development. **Environment & Planning B**, 21(1), 67-82. DOI: 10.1068/b210067.

Krafta, R. (2014) **Notas de Aula de Morfologia Urbana**. Ed. UFRGS, Porto Alegre. 352 p.

Krafta, R. (1996) Urban convergence: morphology and attraction. **Environment & Planning B**, 23(1), 37-48. DOI: 10.1068/b230037.

ILO - International Labour Organization. **Global employment trends 2014: risk of a jobless recovery?** Genebra, Suíça: ILO, 2014. 141 p.

Netto, V. M. (2014) A materialidade da interação econômica, *in* V. M. Netto (ed.) **Cidade & sociedade: as tramas da prática e seus espaços**, Sulina, Porto Alegre. 365-396.

PME - Prefeitura Municipal de Embu (2013) **Empresas**. Sec. de Desenvolvimento Urbano, SEDU.

Polidori, M. C.; Granero, J.; Krafta, R. (2001) **Medidas Urbanas (v 1.5)**, FAUrb-UFPel, Pelotas.

Portugali, J. (2000) **Self-organization and the Cities**. Springer-Verlag, Berlim. 352 p.

Sousa, M. T. R. e Braga R. (2011) As influências do efeito de barreira na dinâmica das cidades: o caso da cidade de Rio Claro, SP. **Geografia Ensino & Pesquisa**, 15(1), 53-70.