

Eduarda Marques da Costa, Jorge Rocha, Michael Rodrigues
Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

APLICAÇÃO DE ÍNDICES QUANTITATIVOS NA CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS CIDADES

1. INTRODUÇÃO

Quando se pretende analisar diferentes realidades no âmbito do Ordenamento do Território, é desejável ter metodologias que possibilitem quantificar e analisar a evolução das áreas de ocupação urbana, de uma forma simples e o mais autonomizada possível. Com este trabalho, pretende-se aplicar uma metodologia para avaliar e quantificar, a forma urbana das cidades, primeiro identificando o seu perímetro urbano e de seguida caracterizando morfológicamente as manchas urbanas do aglomerado, de forma a melhor compreender as características do fenómeno da urbanização. Para o efeito, procede-se ao ensaio metodológico com 15 cidades de Portugal Continental. O critério na escolha das aglomerações passou por seleccionar, para cada NUT II do Continente, as três cidades principais, segundo a hierarquia funcional dos centros urbanos do Instituto Nacional de Estatística (INE). Uma vez que se tinha a intenção de estudar apenas cidades, foi necessário ignorar alguns centros urbanos na hierarquia do INE, uma vez que estes não consistem em cidades.

Do conjunto das cidades estudadas (Quadro 1), algumas encontram-se em fases distintas. Porto e Lisboa encontram-se claramente em perda populacional nas duas últimas décadas, outras cidades apresentam decréscimos ligeiros da sua população no intervalo dos dois últimos recenseamentos censitários (Vila Franca de Xira, Almada e Elvas), enquanto outras cidades, para o mesmo período, apresentaram crescimentos populacionais superiores a 20% (Braga, Faro e Loulé) (Quadro 1).

2. CONCEITOS METODOLÓGICOS

Delimitar uma cidade é um processo ambíguo. Se antes a cidade se apresentava compacta e com os limites bem definidos, hoje tal não acontece (Lamas, 2004). O meio mais expedito de se considerar a forma urbana na sua dimensão morfológica, é através dos perímetros urbanos, considerando-se que a área urbanizada se encontra no interior do respectivo perímetro.

A metodologia desenvolvida recorre a dois conceitos chave: "Mancha Urbana" e "Aglomerado Urbano". Entende-se por mancha urbana uma qualquer parcela de área urbanizada de um dado território. Esta mancha, em termos espaciais, consiste numa unidade homo-

génea com características urbanas consistentes que a distingam do espaço envolvente. Em resultado da escala de aquisição da informação, uma mancha urbana pode variar bastante naquilo que representa. Numa carta topográfica de grande escala, cada mancha representará um lote. Diminuindo a escala, uma mancha passará a representar um quarteirão, de seguida um bairro, até que a escalas pequenas uma só mancha representará uma localidade na sua totalidade.

Quadro 1 – Aglomerações seleccionadas

Cidade	Área Oficial (km ²)	População (2001)	Tx. Var. População (91-01)	Dens. Pop. (hab./km ²) 2001
Vila Nova de Gaia	56,28	178 255	17	3 167
Porto	41,52	263 131	-12	6 337
Braga	32,32	109 460	23	3 386
Coimbra	58,73	101 108	7	1 721
Aveiro	56,08	55 305	4	986
Viseu	35,04	47 261	19	1 348
Lisboa	84,62	564 657	-15	6 672
Almada	14,77	101 501	-6	6 868
Vila Franca de Xira	3,52	16 554	-2	4 699
Évora	13,50	41 164	5	3 047
Beja	7,38	21 658	7	2 931
Elvas	12,07	15 115	-4	1 251
Faro	11,46	41 934	21	3 657
Portimão	11,69	32 948	13	2 818
Loulé	4,54	12 103	26	2 664

Fonte: INE (2002)

Ou seja, para efeito da metodologia empregue, o conjunto de manchas urbanas de uma freguesia representa o aglomerado urbano dessa freguesia. O conjunto de manchas urbanas de um concelho representa o sistema de aglomerados desse concelho, ou seja representa o sistema de povoamento. Deste modo, por aglomerado urbano, entende-se o conjunto de manchas urbanas para uma dada unidade territorial.

A proposta que a seguir se apresenta propõe uma forma de automaticamente extrair o perímetro urbano de um aglomerado, neste caso de cidades, e posteriormente, quantificar e analisar a morfologia do aglomerado.

2.1. Delimitar os Perímetros Urbanos

Na metodologia proposta a extracção dos perímetros urbanos dos aglomerados é realizada através da densidade da rede viária. O método da densidade para identificação de áreas urbanas foi proposto por Borroso (2003), visando a identificação de áreas urbanas através da análise à distribuição e densidade dos nós da rede viária. É possível identificar os

perímetros dos aglomerados recorrendo à densidade da rede viária, uma vez que, empiricamente, sabemos que nas áreas dos aglomerados populacionais, a densidade da rede viária é maior, em relação com o território envolvente.

Um dos algoritmos de estimação da densidade mais utilizados é o da distância *Kernel*. Neste algoritmo, a superfície de densidade depende de um parâmetro de distância. Uma análise de densidade por *Kernel* leva em conta quantidades conhecidas de uma dada variável e calcula a densidade de ocorrência ao longo do território com base na quantidade medida em cada local. Ou seja, a densidade obtida por *Kernel* calcula a densidade das entidades na vizinhança dessas entidades. Assim, as superfícies de densidade indicam onde as entidades estão concentradas (Smith *et al.*, 2009).

No caso da metodologia proposta o valor da superfície *Kernel* é mais alto na localização dos pontos resultantes dos nós e intersecções da rede viária, e diminui com o aumento da distância.

Uma vez obtida a superfície de densidade dos nós e intersecções da rede viária, é necessário converter para vectorial os perímetros urbanos que identifiquem a ocupação do território. Um aspecto metodológico relevante é que na identificação do perímetro urbano dos aglomerados, seleccionou-se toda a superfície que estivesse em contiguidade com o núcleo histórico do aglomerado. Ou seja, os resultados do perímetro dos aglomerados consideram todo o espaço em contiguidade com o núcleo central do aglomerado até ao limite do respectivo concelho.

2.2. Delimitar os Quarteirões

Na metodologia que se apresenta é tido em conta o elemento morfológico constituído pelos quarteirões. Lamas (2004) apresenta os vários elementos morfológicos do espaço urbano, sendo um deles os quarteirões. Um quarteirão consiste no «...espaço delimitado pelo cruzamento de três ou mais vias e subdivisível em parcelas de cadastro para construção de edifícios...» (Lamas, 2004: 88).

Assim, depois de obtidas as áreas que identifiquem a ocupação do território através do perímetro urbano, extraem-se os quarteirões sobrepondo a rede viária com uma faixa de zonamento de 5 metros em cada via, de modo a se obter a área dos quarteirões.

2.3. Eliminar a Estrutura Verde Urbana

Após a obtenção da base espacial com os quarteirões constituintes do aglomerado urbano, o passo seguinte consiste em eliminar as áreas verdes, de modo a se obter uma representação mais exacta das áreas edificadas. Para o efeito procedeu-se à eliminação da estrutura verde urbana dos quarteirões, para assim se obter as manchas urbanas. Para remover estas áreas, as mesmas foram identificadas com recurso à detecção remota sobre ortofotomapas.

Deste modo, por meio das assinaturas espectrais, procedeu-se a uma classificação da ocupação do solo por meio de uma classificação supervisionada recorrendo ao algoritmo da máxima verosimilhança, apenas sobre a estrutura verde urbana para retirar estas áreas dos quarteirões e assim se obter as manchas urbanas.

3. MÉTRICAS ESPACIAIS: A DIMENSÃO MORFOLÓGICA DA FORMA URBANA

580 As abordagens tradicionais com base na análise da evolução da ocupação do solo são insuficientes para caracterizar a dimensão morfológica da forma urbana. Neste contexto, as métricas espaciais surgem como uma alternativa, tendo em conta o facto de serem índices quantitativos que dão uma leitura da ocupação do território. As métricas espaciais foram desenvolvidas no final dos anos 80, incorporando a geometria fractal, e baseando-se numa representação categórica de unidades de paisagem (Herold *et al.*, 2005). As unidades de paisagem são definidas como regiões homogéneas de um território, com uma propriedade específica de interesse.

As métricas espaciais consistem em índices quantitativos que representam as características geométricas das unidades de paisagem e as relações espaciais entre si. Estas tiveram a sua origem no âmbito da ecologia da paisagem, uma área científica que estuda como as variações espaciais na paisagem influenciam os processos ecológicos.

Nas últimas duas décadas foi realizado um progresso significativo, na tentativa de medir e analisar padrões espaciais que ajudem a caracterizar a forma urbana. E embora a aplicação das métricas espaciais seja uma das metodologias que maior potencial encerra na caracterização da forma urbana, apenas recentemente estes índices foram utilizados para analisar e classificar a forma urbana de modo mais sistemático (Huang *et al.*, 2007), enquanto tem sido feito um progresso significativo na tentativa de medir e analisar padrões espaciais que ajudem a caracterizar a forma urbana (Clifton *et al.*, 2008).

Há que ter em conta que não existe ainda um conjunto definido de métricas específicas para uso em Ordenamento do Território, uma vez que a importância de cada métrica varia consoante o objectivo do estudo e das características da paisagem urbana em investigação (Parker *et al.*, 2001, citado por Herold *et al.*, 2005). Ainda assim, tem havido um crescente interesse na aplicação de métricas espaciais para análise do ambiente urbano.

Temos assim que, tem havido um interesse crescente na aplicação de métricas espaciais em ambientes urbanos, pois estas ajudam a sobressair a componente espacial na estrutura urbana e a esclarecer a dinâmica de mudança e crescimento (Herold *et al.*, 2005).

3.1. Métricas Calculadas

De modo a ser possível uma análise quantitativa da forma das cidades, procedeu-se ao cálculo de algumas métricas, de modo a se esboçar uma quantificação sucinta da forma dos aglomerados das cidades. Das métricas adaptadas à metodologia, foram calculadas as seguintes para o conjunto das 15 cidades:

Total de manchas (TM); TM corresponde ao número de manchas urbanas no concelho. O número total de manchas urbanas é uma medida simples da fragmentação da área urbana. Um aumento do índice indica um aumento da ocupação do território (MacGarigal *et al.*, 2002).

Porcentagem do concelho ocupado pelo aglomerado (POCUP); POCUP quantifica a percentagem de área da unidade territorial ocupada pelas manchas urbanas. O índice permite quantificar a intensidade da ocupação de uma unidade territorial (Huang *et al.*, 2007).

Índice de centralidade (CENT); CENT indica a distância em metros do centróide de cada mancha, ao centro histórico da cidade. Para atenuar o enviesamento provocado pelas

dimensões díspares entre unidades territoriais, a distância média é dividida pelo raio de um círculo com a área total do concelho. O índice de centralidade quando calculado, por exemplo, em relação ao centro funcional do aglomerado, permite aferir a intensidade da expansão periférica. Mas também permite avaliar a concentração de um aglomerado, quando calculado em relação à mancha geograficamente central (Galster *et al.*, 2001).

Índice de compactação (COMP); COMP equivale ao perímetro da mancha, dividido pelo perímetro mínimo possível para uma mancha de igual área. É igual a 1 quando a mancha apresenta uma compactação máxima e aumenta sem limite à medida que a forma da mancha se torna mais irregular (Huang *et al.*, 2007).

Índice de dimensão fractal (FRACT). FRACT equivale a duas vezes o logaritmo do perímetro da mancha dividido pelo logaritmo da área da mancha. Representa a complexidade da forma da mancha ajustada à dimensão, através da ponderação pelas áreas individuais das manchas. Aproxima-se de 1 para as formas muito simples, e de 2 para formas muito complexas. Uma vez que as manchas maiores tendem a ser mais complexas, este índice determina a complexidade independentemente do tamanho das manchas, contornando assim um dos inconvenientes do uso do rácio perímetro/área (MacGarigal *et al.*, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se no Quadro 2 os resultados obtidos para o conjunto das cidades estudadas.

Quadro 2 – Resultado do cálculo das métricas

CIDADE	TM	POCUP	CENT médio	COMP médio	FRACT médio
Almada	5 691	36,83	1 223,01	2,05	1,54
Aveiro	1 743	20,03	479	1,99	1,45
Beja	517	0,67	43,13	1,46	1,41
Braga	4 953	34,87	561,77	2,14	1,5
Coimbra	2 842	9,63	329,68	2,27	1,53
Elvas	412	2,02	81,59	1,73	1,45
Évora	1 361	2,07	96,04	1,95	1,47
Faro	717	5,35	224,75	1,59	1,42
Lisboa	11 704	50,26	943,16	1,87	1,58
Loulé	348	1,45	65,53	1,6	1,41
Portimão	1 014	8,9	287,23	1,68	1,44
Porto	4 374	50,68	908,01	2,16	1,56
Vila Franca de Xira	1 831	8,88	695,81	2,2	1,49
Vila Nova de Gaia	6 322	33,18	824,75	2,19	1,52
Viseu	7 124	14,92	535,03	2,08	1,52
Média das 15 cidades	498,50	18,65	433,96	1,93	1,49

Fonte: Elaboração própria

O total de manchas urbanas (TM) é uma medida simples para se avaliar a intensidade da ocupação do território. De modo geral, verifica-se um padrão Norte/Sul na distribuição

dos valores. Naturalmente, que a dimensão da cidade, influi no total de manchas urbanas que a mesma apresenta. É possível verificar que as cidades a Sul do Tejo apresentam em geral um menor número de manchas urbanas e, no extremo oposto, a cidade de Lisboa destaca-se das restantes.

582

Quanto à percentagem do concelho ocupado pelo aglomerado da cidade (POCUP), verificamos o contraste das cidades a Sul do Tejo, que se situam em concelhos muito grandes, face às cidades a Norte deste rio que ocupam municípios mais pequenos. A cidade de Beja não chega a ocupar 1% da área do respectivo concelho, enquanto as manchas urbanas das cidades de Lisboa e Porto ocupam sensivelmente metade da área municipal.

O índice de centralidade médio para as manchas dos aglomerados (CENT médio), calculado pela distância de cada mancha ao centro histórico da aglomeração, revela uma grande amplitude nos valores entre as cidades e permite-nos quantificar em termos relativos a expansão periférica nos aglomerados. Uma vez que o índice se apresenta ponderado pela área total dos municípios, é possível comparar os diferentes aglomerados.

Quanto ao índice de compactação médio para as manchas dos aglomerados (COMP médio), quanto mais baixo o valor do índice mais compacta se apresentam em média as manchas urbanas do aglomerado da cidade. É possível verificar a dicotomia entre as cidades do Sul do Tejo e as restantes, apresentando estas cidades, em média, manchas mais compactas que as restantes aglomerações estudadas.

Finalmente, o índice de dimensão fractal médio (FRACT médio) permite avaliar a complexidade geométrica da forma das manchas urbanas do aglomerado das cidades. Quanto mais alto o índice maior a irregularidade no perímetro das manchas, o que indica indirectamente processos de urbanização que progressivamente complexificam o limite das manchas urbanas. A complexidade média da forma das manchas dos aglomerados está na dependência da dimensão das cidades. As cidades mais pequenas, pelos resultados obtidos, têm tendência a apresentar uma maior homogeneidade na forma das manchas. Inversamente as cidades de maior dimensão, em resultado da grande heterogeneidade de usos, apresentam médias de dimensão fractal superiores. Esta é outra métrica que aparenta uma distribuição espacial marcada pela diferenciação Norte/Sul.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicaram uma diferenciação morfológica dos aglomerados estudados que replica a ocupação do território Continental. Os aglomerados das cidades a Norte do rio Tejo ocupam grande percentagem do território concelhio e são em média mais dispersos, complexos e menos compactos que os aglomerados citadinos do Sul. A Sul a forma urbana é claramente mais compacta, enquanto a ocupação do Norte é mais extensiva, resultado da consolidação dos espaços intersticiais de uma estrutura de povoamento historicamente dispersa.

Da metodologia implementada vimos que a análise espacial dos padrões urbanos, em combinação com métricas espaciais, pode fornecer uma fonte única de informação sobre as diversas características espaciais da forma urbana. Isto permite perspectivas importantes sobre a estrutura espacial da evolução das dinâmicas urbanas. Como tal, a metodologia aqui aplicada, permite uma melhor compreensão e representação das dinâmicas urbanas e contribui para desenvolver concepções alternativas da estrutura espacial urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borruso, G. 2003, «Network Density and the Delimitation of Urban Areas», *Transactions in GIS*, 7 (2), pp. 177 - 191.
- Clifton, K.; Ewing, R.; Knaap, G.; Song, Y. 2008, «Quantitative Analysis of Urban Form: a multidisciplinary review». *Journal of Urbanism*, 1 (1), pp. 17-45.
- Galster, G.; Hanson, R.; Wolman, H.; Coleman, S.; Freihage, J. 2001, «Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept». *Housing Policy Debate*, 12 (4), pp. 681-717.
- Herold, M.; Couclelis, H.; Clarke, K. 2005, «The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change», *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, pp. 369-399.
- Huang, J.; Lu, X.; Sellers, J. 2007, «A Global Comparative Analysis of Urban Form: applying spatial metrics and remote sensing». *Landscape and Urban Planning*, 82, pp. 184-197.
- Instituto Nacional De Estatística (INE) 2002, *Atlas das cidades de Portugal*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.
- Lamas, J. 2004, *Morfologia Urbana e Desenho da Cidade*, 3ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Mcgarigal, K.; Cushman, S.; Neel, M.; Ene, E. 2002, FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. [em linha] [www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html].