

(DIS)SIMILARIDADES URBANAS ENTRE BRAGA E GUIMARÃES (1984-2016): ANÁLISE ESPACIOTEMPORAL DO RITMO E MODOS DE CRESCIMENTO A PARTIR DO ARQUIVO LANDSAT

CATARINA DE ALMEIDA PINHEIRO^{1,2} 

MARIA MANUELA LARANJEIRA^{1,3} 

MIGUEL BANDEIRA⁴ 

RESUMO – A evolução das áreas urbanas, questão basilar da Geografia Urbana, foi desde sempre limitada pela falta de dados espaciotemporais contínuos. Recentemente, esta limitação tem vindo a ser ultrapassada com recurso ao processamento em Sistemas de Informação Geográfica dos retratos sequenciais adquiridos por Deteção Remota. Neste cômputo, recorre-se ao arquivo *Landsat* para descortinar as (dis)similaridades do processo de urbanização (*i.e.*, ritmo e modos) experienciado pelos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016. Os resultados demonstram que, mais do que temporal (Quando?) ou quantitativamente (Quanto?), o processo de urbanização nos dois municípios apresenta disparidades espaciais (Onde? e Como?). O *Landscape Expansion Index* (LEI) coloca em evidência que mais de 50% do crescimento urbano ocorre em contiguidade com o tecido preexistente. A colmatação urbana assume-se como o segundo modo mais importante em Braga, mas não em Guimarães, onde esta posição é ocupada pela dispersão. Por conseguinte, o perímetro urbano bracarense capta melhor o processo de urbanização do que o vimaranense. Dessarte, o LEI pode dar um contributo importante na compreensão da urbanização difusa, modelo territorial constantemente apelidado de banal, e que – por força de tal asserção – tem sido preterido em relação a outras áreas-problema.

Palavras-chave: Modos de crescimento urbano; padrões espaciotemporais; urbanização difusa; Deteção Remota; Braga e Guimarães.

Recebido: junho 2020. Aceite: fevereiro 2021.

¹ Membro Integrado, Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade (CECS), Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

² Membro Colaborador, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), Departamento de Geografia, Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058, Guimarães, Portugal. E-mail: catarina-pinheiro@mail.com

³ Professora Auxiliar, Departamento de Geografia, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. E-mail: manuela.laranjeira@geografia.uminho.pt

⁴ Vereador, pelouros da Regeneração Urbana, Património, Relação com as Universidades, Urbanismo, Planeamento, Ordenamento e Mobilidade, Câmara Municipal de Braga, Braga, Portugal. E-mail: sopasbandeira@gmail.com

ABSTRACT – URBAN (DIS)SIMILARITIES BETWEEN BRAGA AND GUIMARÃES (1984-2016): SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF RHYTHM AND GROWTH MODES BASED ON THE LANDSAT ARCHIVE. Urban evolution, a primary question of Urban Geography, has always been limited by the lack of continuous spatial-temporal data. Recently, this limitation has been overcome by the processing in Geographic Information System of sequential snapshots acquired by Remote Sensing. Therefore, we use the *Landsat* archive to reveal the (dis)similarities of the urbanization process (rhythm and modes) experienced by the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016. The results show that, more than temporal (When?) or quantitatively (How much?), the urbanization process in the two municipalities presents spatial disparities (Where? and How?). The *Landscape Expansion Index* (LEI) highlights that more than 50% of urban growth occurs in contiguity with the pre-existing fabric. Infilling constitutes the second most important mode in Braga, but not in Guimarães, where this position is occupied by outlying growth. Consequently, in Braga the urban perimeter captures better the urbanization process than in Guimarães. Thus, LEI can make an important contribution to the understanding of diffuse urbanization, a territorial model constantly called banal, and that - due to such an assertion - has been ignored in relation to other problem-areas.

Keywords: Urban growth modes; spatiotemporal patterns; diffuse urbanization; Remote Sensing; Braga and Guimarães.

RÉSUMÉ – (DIS)SIMILARITÉS URBAINES ENTRE BRAGA ET GUIMARÃES (1984-2016): ANALYSE SPATIOTEMPORALE DU RYTHME ET DES MODES DE CROISSANCE À PARTIR D'IMAGES LANDSAT. L'évolution urbaine, problème clé de la Géographie Urbaine, a toujours été limitée par le manque de données spatiotemporelles continues. Récemment, le traitement en Système d'Information Géographique d'images séquentielles acquises par Télédétection a permis de dépasser cette limitation. Donc, nous utilisons l'archive *Landsat* pour révéler les (dis)similarités du processus d'urbanisation (rythme et modes) expérimenté par les municipalités de Braga et Guimarães entre 1984 et 2016. Les résultats montrent que, plus que temporel (Quand?) ou quantitativement (Combien de?), le processus d'urbanisation dans les deux municipalités présente des disparités spatiales (Où? et Comment?). Le *Landscape Expansion Index* (LEI) souligne que plus de 50% de la croissance urbaine se produit en contiguïté avec le tissu préexistant. Le remplissage constitue le deuxième mode plus important à Braga, mais ne pas à Guimarães, où cette position est occupée par la dispersion. Par conséquent, le périmètre urbain de Braga capture mieux le processus d'urbanisation que Guimarães. Ainsi, le LEI peut apporter une contribution importante sur la compréhension de l'urbanisation diffuse. Constamment appelé banal, ce modèle territorial a été ignoré par rapport aux autres.

Mot clés: Modes de croissance urbaine; patrons spatiotemporels; urbanisation diffuse; Télédétection; Braga et Guimarães.

RESUMEN – (DI)SIMILITUDES URBANAS ENTRE BRAGA Y GUIMARÃES (1984-2016): ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DEL RITMO Y LOS MODOS DE CRECIMIENTO CON BASE EN EL ARCHIVO LANDSAT. La evolución de las áreas urbanas, tema fundamental de la Geografía Urbana, siempre ha estado limitada por la falta de datos espaciotemporales continuos. Recientemente, el procesamiento en Sistemas de Información

Geográfica de retratos secuenciales adquiridos por Teledetección ha permitido superar esta limitación. Por ello, se usa el archivo *Landsat* para revelar las (di)similitudes del proceso de urbanización (ej. ritmo y modos) experimentado por los municipios de Braga y Guimarães entre 1984 y 2016. Los resultados muestran que, más que temporal (¿Cuándo?) o cuantitativamente (¿Cuánto?), el proceso de urbanización en los dos municipios presenta disparidades espaciales (¿Dónde? y ¿Cómo?). El *Landscape Expansion Index* (LEI) evidencia que más del 50% del crecimiento urbano ocurre en contigüidad con el tejido preexistente. El relleno urbano es el segundo modo más importante en Braga, pero no en Guimarães, donde esta posición está ocupada por la dispersión. En consecuencia, el perímetro urbano de Braga captura mejor el proceso de urbanización que Guimarães. Por lo tanto, el LEI puede dar una contribución importante a la comprensión de la urbanización difusa; modelo territorial constantemente llamado banal, y que -por fuerza de tal afirmación-, ha sido pasado por alto en relación con otras áreas-problema.

Palabras clave: Modos de crecimiento urbano; patrones espaciotemporales; urbanización difusa; Teledetección; Braga y Guimarães.

I. INTRODUÇÃO

A evolução urbana constitui uma questão basilar da Geografia Urbana (Clark, 1991), no entanto, a falta de dados espaciotemporais contínuos desde sempre impôs consideráveis restrições aos estudos com enfoque cronogeográfico. Esta limitação tem vindo a ser ultrapassada com recurso aos retratos sequenciais adquiridos por Deteção Remota, que fornecem uma forma – ainda que indireta, a partir das áreas construídas – para medir a urbanidade (Weeks, 2010). De facto, as imagens multitemporais (e multispectrais) dos satélites, ao fornecerem informação detalhada da superfície terrestre, permitem: i) recriar as trajetórias urbanas, numa lógica de *story-telling*; ii) estabelecer a ligação entre as formas e os processos urbanos; e, iii) determinar as consequências ambientais da urbanização (Coppin *et al.*, 2004). Note-se que, a Observação (remota) da Terra largamente utilizada em outros domínios da Geografia, como a Climatologia, só posteriormente foi incorporada pela Geografia Urbana para o estudo da forma urbana (*i.e.*, a estrutura ou padrão espacial), assim como do crescimento urbano (entendido neste estudo como processo espacial de mudança).

No advento do novo milénio assiste-se a uma renovação do fascínio pelo fenómeno urbano – particularmente como evento espacial, decorrente dos avanços tecnológicos dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e da Deteção Remota. Para este interesse contribuiu ainda a convergência de outros fatores, designadamente: o contínuo aumento de população urbana, que pela primeira vez na História ultrapassou os contingentes rurais; e, os crescentes problemas ambientais associados às áreas urbanas (*e.g.*, poluição atmosférica, aumento da temperatura; Sui, 2011).

Os primeiros estudos urbanos assentes em imagens de satélite, com incipiente ligação ao debate teórico, foram dominados por questões técnicas relacionadas com o desenvol-

vimento e/ou adaptação de métodos de análise. Os índices de estrutura espacial, originalmente concebidos no âmbito da Ecologia da Paisagem (Forman, 1995), assumiram particular destaque (e.g., Aguejda & Hubert-Moy, 2016; Herold *et al.*, 2005; Liu & Yang, 2015), uma vez que possibilitam a quantificação da estrutura urbana numa determinada data (i.e., visão estática). Todavia, as métricas convencionais não elucidam acerca do processo de formação da estrutura urbana entre datas. Em resposta a esta limitação, Liu *et al.* (2010) desenvolveram o *Landscape Expansion Index* (LEI) que, ao analisar a relação de novas manchas urbanas com o tecido preexistente, permite quantificar as mudanças de configuração entre dois ou mais momentos no tempo e captar informação sobre o processo de crescimento urbano, fornecendo uma visão dinâmica deste fenómeno. Neste sentido, o LEI consubstancia uma abordagem “processo-pela-forma”, que combina os dados multitemporais de Detecção Remota e as métricas espaciais (Dietzel *et al.*, 2005).

O LEI discrimina o crescimento urbano em função do modo, nomeadamente: i) colmatação (*infilling*), quando se verifica a impermeabilização dos espaços vacantes no interior do tecido urbano; ii) contiguidade (*edge-expansion*), quando os incrementos urbanos decorrem da conversão de solo permeável adjacente tecido urbano; e, iii) e dispersão (*outlying*), quando os novos segmentos urbanos não têm ligação aos preexistentes. Esta métrica possibilita a standardização dos estudos urbanos imprescindível à comparação de escalas geográficas e temporais distintas, bem como de diferentes realidades territoriais. Em vista disso, este índice tem sido amplamente utilizado para testar a hipótese teórica proposta. Herold *et al.* (2005), segundo a qual a urbanização se desenvolve numa alternância cíclica de duas fases – uma de dispersão, marcada pelo aparecimento de novos segmentos urbanos, e outra de coalescência, determinada pela fusão das diversas manchas.

Os avanços técnicos da Detecção Remota e dos SIG desencadearam uma mudança de paradigma nos estudos urbanos, na qual o método dedutivo (i.e., aplicação de considerações gerais a casos particulares), característico das abordagens tradicionais, é preterido em favor do indutivo, assente na proliferação dos estudos de caso. Nesta lógica de aprendizagem, as investigações são desenvolvidas no sentido *bottom-up* – i.e., parte-se da análise da estrutura para o processo –, ocorrendo a formulação das teorias a jusante (Bhatta, 2013).

Neste cômputo, recorre-se ao arquivo *Landsat* – a mais longa e contínua série de aquisição de imagens por Detecção Remota – para descortinar as (dis)similaridades do processo de urbanização (i.e., ritmo e modos) experienciado pelos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016. Estes municípios, à semelhança do restante Noroeste de Portugal, exibem um povoamento disseminado, mas denso (Domingues, 2007, 2011; Portas, 2005; Ribeiro, 1995), na estreita dependência de um conjunto favorável de condições naturais (e.g., elevada precipitação, verões curtos), de que uma complexa evolução agrária (e.g., socalcos, rega e estrume abundante) soube tirar o máximo proveito (Ribeiro, 1995). Não obstante este contexto comum, bem como as similaridades fisiográficas e climáticas, Braga e Guimarães desenvolveram modelos territoriais díspares, consequência dos fluxos e refluxos civilizacionais que moldaram o território, sobressaindo com particular ênfase os dois últimos séculos.

Para uma consideração mais precisa do trabalho empírico definiram-se os seguintes objetivos operacionais: i) extração do tecido urbano para cada imagem *Landsat*; ii) quantificação do ritmo de crescimento urbano entre cada intervalo temporal; e, iii) identificação dos modos de crescimento urbano. Assim, diferentemente de muitas investigações desenvolvidas nesta temática, o presente estudo não só analisa o padrão urbano e quantifica os ritmos de crescimento urbano, como também desvela o modo como ocorre a adição de tecido urbano.

II. DADOS E MÉTODOS

Este estudo foca-se nos municípios de Braga e de Guimarães – que, hodiernamente, formam uma extensa constelação urbana, como atesta a classificação das freguesias, quase em exclusivo, como Área Predominantemente Urbana (APU) e Área Mediamente Urbana (AMU), pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) (fig. 1).

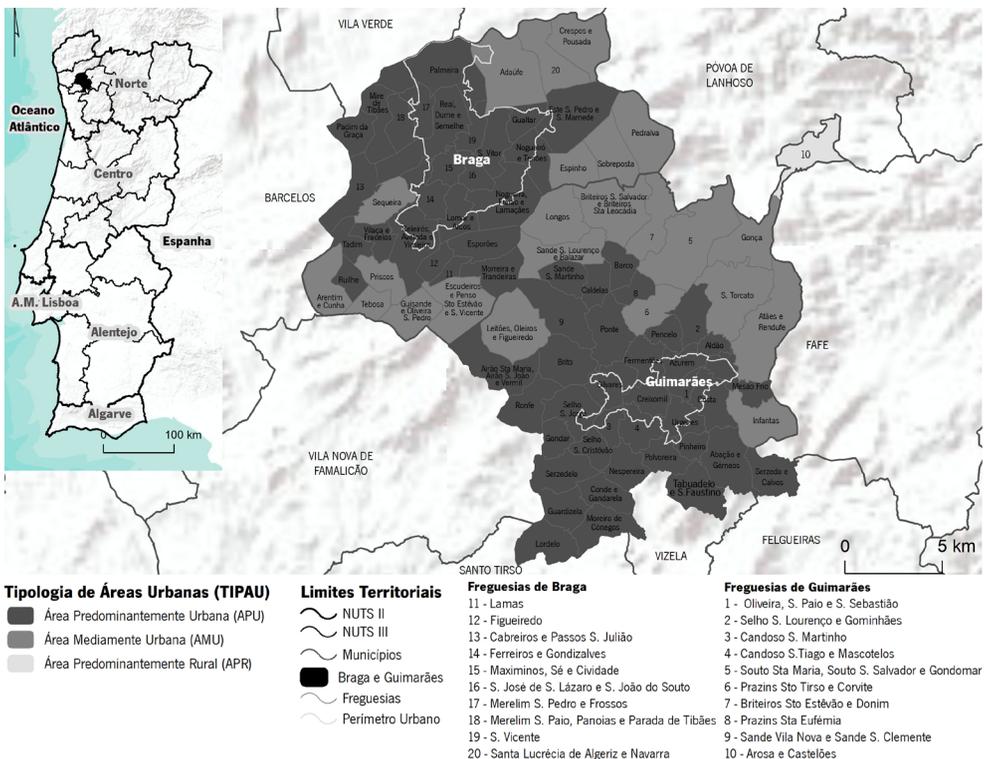


Fig. 1 – Localização e tipologia das áreas urbanas dos municípios de Braga e de Guimarães. Figura a cores disponível online.

Fig. 1 – Location and typology of urban areas in the municipalities of Braga and Guimarães. Colour figure available online.

Os municípios de Braga e de Guimarães apresentam entre 1981 e 2011 um crescimento notório ao nível da população e do edificado, embora com ritmos de evolução desiguais (INE, 1981, 1991, 2001, 2011). Note-se que, apesar de Braga partir de um contingente populacional inferior ao de Guimarães, não só se aproxima dos seus valores em 1991, como inclusive os ultrapassa em 2001. Esta supremacia consolida-se em 2011, fruto não só do intenso processo de crescimento populacional de Braga, como também da perda populacional em Guimarães (fig. 2A). Por sua vez, no que concerne ao edificado, ambos os municípios registam um crescimento linear entre 1981 e 2011, sendo o aumento sempre mais expressivo em Guimarães (fig. 2B). Esta situação dever-se-á, por um lado, à maior dimensão física do território vimaranense; e, por outro, à maior verticalização do edificado em Braga, que suporta um maior contingente populacional em menor número de edifícios. Efetivamente, o município de Braga detém uma densidade populacional mais elevada do que o de Guimarães em todos os momentos censitários (fig. 2C). Importa ainda realçar que em Braga se observa um incremento linear da densidade populacional entre 1981 e 2011, ao passo que em Guimarães não se discerne uma tendência evolutiva nestas décadas. Esta constatação reforça que os dois municípios em estudos, ainda que adstritos, exibem modelos territoriais nitidamente díspares.

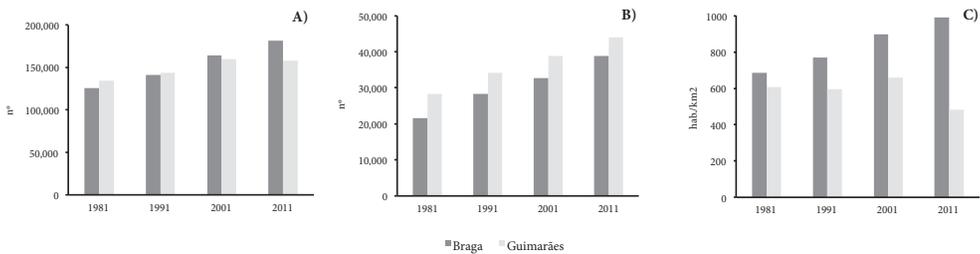


Fig. 2 – (A) População residente, (B) edificado e (C) densidade populacional nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1981 e 2011.

Fig. 2 – (A) Resident population, (B) buildings, and (C) population density in the municipalities of Braga and Guimarães between 1981 and 2011.

Fonte: INE (1981, 1991, 2001, 2011)

Ao nível das atividades económicas são de igual modo perceptíveis diferenças entre os municípios de Braga e de Guimarães. Assim, à parte dos valores residuais do setor primário (*i.e.*, 1%), constata-se que em Braga o setor terciário detém uma importância claramente superior à observada em Guimarães (*i.e.*, 69% vs 48%), onde o setor secundário continua a preponderar (fig. 3).

Os procedimentos metodológicos realizados para a análise da evolução urbana de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016 encontram-se sintetizados no esquema da figura 4, procedendo-se de seguida uma descrição detalhada de cada fase.

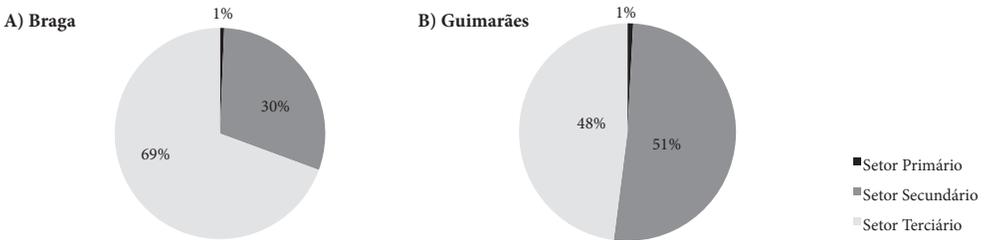


Fig. 3 – População empregada por setor de atividade nos municípios de (A) Braga e de (B) Guimarães em 2011.

Fig. 3 – *Employed population by sector of activity in the municipalities of (A) Braga and (B) Guimarães in 2011.*

Fonte: INE (2011)

Selecionaram-se seis cenas *Landsat*, distribuídas pelos sensores *TM* (1984, 2003, 2010), *ETM+* (1999) e *OLI* (2016), partindo do pressuposto que estas não apresentassem nebulosidade e que fossem do mês de julho, para minimizar as diferenças na inclinação do Sol e na fenologia da vegetação. As imagens foram pré-processadas no *software ENVI*, tendo sido efetuadas as necessárias correções radiométricas, atmosféricas (através do módulo *FLAASH*) e geométricas.

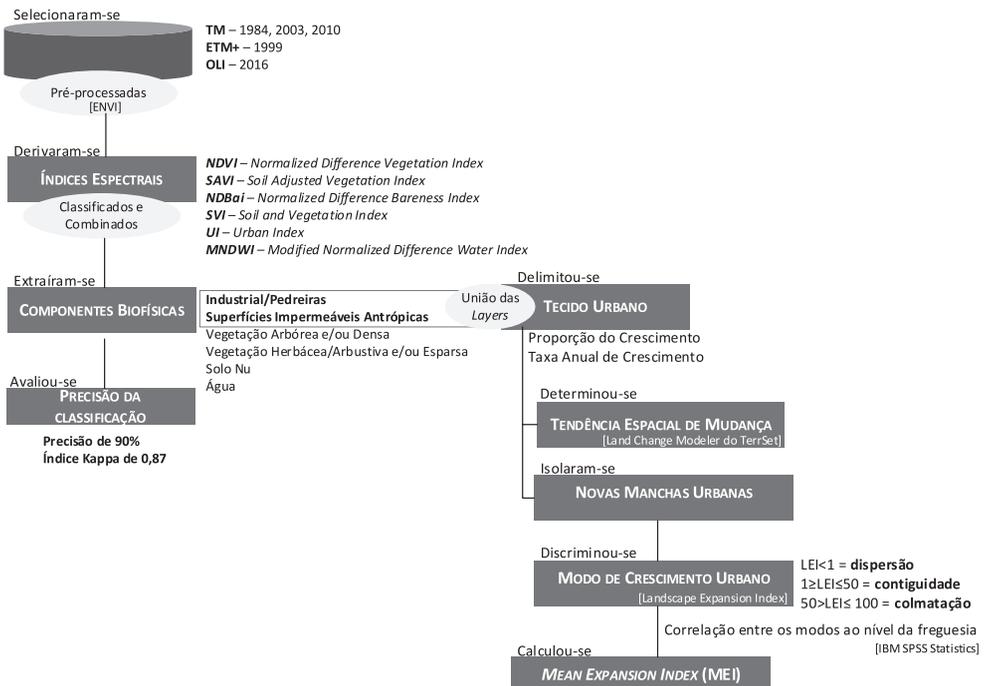


Fig. 4 – Esquema síntese dos procedimentos metodológicos.

Fig. 4 – *Summary scheme of the methodological procedures.*

A despeito dos vários métodos que permitem extrair o tecido urbano, optou-se pelos índices espectrais, atendendo à sua confiabilidade, simplicidade concetual e eficiência computacional (Villa, 2012), que permite a rápida atualização da informação do urbano (como também da vegetação e do solo nu, igualmente componentes do ecossistema urbano). Importa notar que, no âmbito da investigação se entende como urbanização a conversão de superfícies permeáveis – com maior ou menor cobertura de vegetação – em superfícies impermeáveis antrópicas, por via da transformação do ambiente natural em construído. Em detalhe, de um conjunto inicial de 43 índices espectrais, selecionaram-se sete, em função das potencialidades e debilidades intrínsecas, designadamente: o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), o *Normalized Difference Bareness Index* (NDBaI), o *Soil and Vegetation Index* (SVI), o *Urban Index* (UI), o *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI). A classificação e combinação destes índices, efetuada ao nível do *pixel* por via de um processo de ajustamento gradativo, permitiu discriminar as seguintes componentes biofísicas: superfícies impermeáveis antrópicas (edificação, estradas); industrial/pedreiras; vegetação arbórea, densa e/ou com elevado nível de humidade; vegetação herbácea/arbustiva, esparsa e/ou seca; solo nu; e, água.

A precisão do sistema de classificação das componentes biofísicas foi avaliada com base na matriz de erro, também designada por tabela de contingência ou matriz de confusão. Para tal, extraiu-se uma amostra aleatória de 509 pontos, mas estratificada em função da área ocupada por cada componente biofísica. Os valores de referência – ou “*ground truth*” – foram obtidos a partir da classificação manual dos pontos tendo como referência a imagem de cores naturais respetiva e a fotografia aérea. Os resultados da matriz de erro reportam uma precisão de 90% e um índice Kappa de 0,87. Estes valores, em consonância com os obtidos noutros estudos (e.g., Shi *et al.*, 2012), cumprem os requisitos necessários à aplicação de técnicas de deteção de mudança (Janssen & Wel, 1994). Complementarmente a esta apreciação quantitativa, procedeu-se à inspeção visual dos pontos erroneamente classificados – quer por comissão, quer por omissão. Esta análise coloca em evidência que os erros mais frequentes consistem na confusão entre o solo nu e as superfícies impermeáveis antrópicas, decorrente da similaridade da assinatura espectral destas duas componentes biofísicas. Assim, considera-se os resultados obtidos bastante satisfatórios, atendendo às especificidades da urbanização difusa e aos constrangimentos da resolução espacial do *Landsat*.

Para dar resposta à natureza específica dos objetivos do trabalho procedeu-se à união das *layers* do industrial/pedreiras com a das superfícies impermeáveis antrópicas, assumindo-se como premissa que o crescimento urbano constitui um processo cumulativo e irreversível (Song *et al.*, 2016), negligenciando-se, por conseguinte, possíveis situações de abandono urbano, como as identificadas Brito-Henriques *et al.* (2018). A partir destes mapas quantificou-se o tecido urbano em cada data (*i.e.*, a estrutura), bem como o crescimento em cada intervalo temporal (*i.e.*, o processo). De mencionar que todo o processo de classificação das imagens (*i.e.*, derivação, classificação e combinação dos índices espectrais), e respetiva avaliação, foi desenvolvido no *software ArcGIS*.

Seguidamente, calculou-se a proporção de crescimento urbano (PCU) de cada intervalo relativamente ao tecido preexistente, com base na formulação de Chen *et al.* (2018):

$$PCU = \frac{U_{fim} - U_{início}}{U_{início}} * 100,$$

em que, PCU = proporção do crescimento urbano (%); $U_{início}$ = área urbana (m^2) na primeira data; e, U_{fim} = área urbana (m^2) na segunda data.

De modo a neutralizar a diferença no número de anos abarcados em cada intervalo temporal, procedeu-se ao cálculo da taxa de crescimento urbano (TCU) por ano, com base na seguinte equação (Chen *et al.*, 2018):

$$TCU = \frac{U_{fim} - U_{início}}{n} * 100,$$

em que, TCU = taxa anual de crescimento urbano (%/ano); $U_{início}$ = área urbana (m^2) na primeira data; U_{fim} = área urbana (m^2) na segunda data; e, n = número de anos do intervalo temporal.

Atendendo à complexidade dos padrões urbanos, determinou-se a tendência espacial de mudança do crescimento urbano entre 1984 e 2016, com recurso ao *software TerrSet*, através do *Land Change Modeler*. Para contextualizar esta informação, procedeu-se ao cálculo do ponto central do tecido urbano existente, bem como das novas manchas urbanas, com recurso à ferramenta *Mean Center* (disponibilizada na extensão *Spatial Statistics* do ArcGIS).

Por último, considerando que o crescimento urbano pode assumir diferentes modos – *i.e.*, colmatção, contiguidade ou dispersão – recorreu-se ao LEI, proposto por Liu *et al.* (2010), para os discriminar. Em concreto, aplicou-se a ferramenta homónima concebida pelos autores para o *software ArcGIS*, adotando-se a distância de 1m para a definição do *buffer*. O valor de LEI atribuído a cada nova mancha urbana é determinado pela seguinte fórmula (Liu *et al.*, 2010):

$$LEI = \frac{A_0}{A_0 + A_v} * 100,$$

em que, LEI = *Landscape Expansion Index* (%); A_0 = área de interseção (m^2) entre o *buffer* da nova mancha urbana e mancha urbana preexistente; e, A_v = área de interseção (m^2) entre o *buffer* da nova mancha e o espaço vacante.

O LEI varia entre 0 e 100, sendo a partir da seguinte classificação que se determinam os modos de crescimento urbano: $LEI < 1$ = dispersão; $1 \geq LEI \leq 50$ = contiguidade; e, $50 > LEI \leq 100$ = colmatção. Importa notar que, na classificação original proposta por Liu *et al.* (2010) o modo dispersão apresenta um valor de LEI igual a zero. O ajustamento do valor para inferior a 1 foi definido após uma detalhada inspeção visual dos resultados, onde se constatou que as manchas com valor de LEI superior a zero mas inferior a 1 não detinham qualquer interseção com a mancha urbana preexistente. O conhecimento e familiaridade do autor com o território desempenhou um papel fundamental neste processo.

Por seu turno, o valor médio de LEI, definido por Liu *et al.* (2010) como *Mean Expansion Index* (MEI), permite quantificar a preponderância relativa de cada um dos modos de crescimento urbano ao longo da série temporal, traduzindo assim a maior ou menor compacidade do processo de urbanização (Li *et al.*, 2013). O MEI é definido com base na seguinte equação:

$$MEI = \sum_{i=1}^N \frac{LEI_i}{N},$$

em que, *MEI* = *Mean Expansion Index* (%); *LEI_i* = *Landscape Expansion Index* (%) de uma mancha urbana nova; e, *N* = número total de novas manchas urbanas.

Após a aplicação e classificação do LEI determinou-se, por intervalo temporal, a importância relativa de cada um dos três modos de crescimento urbano. Importa notar que, este processo foi aplicado a duas escalas espaciais: municípios e freguesias. A relação estatística entre colmatação, contiguidade e dispersão foi avaliada a partir da correlação de *Spearman* (para um intervalo de confiança de 95%), calculada no *software IBM SPSS Statistics*, com base na representatividade, por freguesia, de cada modo. A opção por um método não paramétrico deve-se à reduzida dimensão do conjunto de dados, que segundo o teste de *Shapiro-Wilk* não segue uma distribuição normal.

III. RESULTADOS: PROCESSO DE URBANIZAÇÃO EM BRAGA E GUIMARÃES ENTRE 1984 E 2016

A aquisição sequencial de imagens pelo Landsat permite não só observar a evolução do território, como também descrever, quantificar e modelar o processo de urbanização subjacente (*e.g.*, Aguejda & Hubert-Moy, 2016; Chen *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2011; Liu & Yang, 2015; Yang, 2011).

1. O padrão espacial da urbanização

O município de Braga apresenta uma mancha urbana claramente mais contínua do que Guimarães – onde, para além do núcleo histórico, são evidentes outros aglomerados (*e.g.*, Pevidém, Lordelo/Moreira de Cónegos, Taipas/São João de Ponte). Do centro de Braga emerge uma estrutura urbana radial, comandada pelas vias rodoviárias, em direção às localidades vizinhas de Vila Verde, Amares, Vila Nova de Famalicão, Póvoa de Lanhoso e Guimarães (sendo esta, quando comparada com as anteriores, mais ténue). Ao mesmo tempo, em Braga, mas sobretudo em Guimarães, é notória a disseminação das manchas urbanas por todo território, em muitos casos correspondentes a conjuntos habitacionais individuais (fig. 5).

Com os sucessivos acréscimos de tecido urbano, decorrentes da abertura de novos eixos viários (particularmente evidentes entre 1999-2003 e 2003-2007), da ampliação dos núcleos preexistentes e da adição atomística de edifícios, vai emergindo na paisagem de modo cada vez mais claro uma “urbe contínua” entre os dois núcleos centrais, que desde 2003 se encontram conectados por um nervo central – a autoestrada A11 (fig. 5).

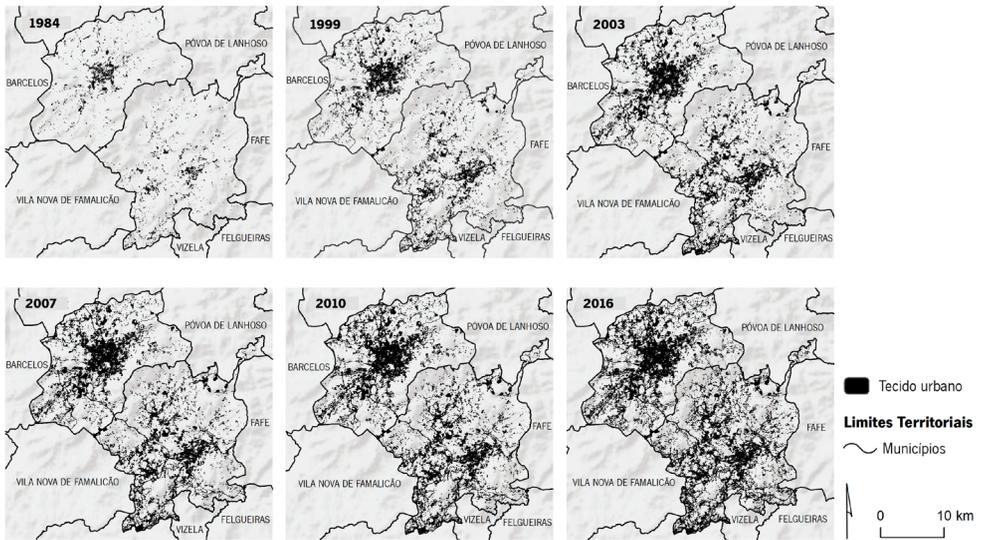


Fig. 5 – Evolução do tecido urbano nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 5 – Evolution of the urban tissue in the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

2. O ritmo de crescimento urbano

O município de Guimarães apresenta uma extensão de tecido urbano sempre mais elevado do que Braga, no entanto, fruto da maior dimensão, a percentagem de território impermeabilizado é ligeiramente inferior em todas as datas (fig. 6). Concretizando, entre 1984 e 2016, Braga regista um acréscimo de 54,25km² de tecido urbano, aumentando de apenas 5%, em 1984, para 35%, em 2016; ao passo que, em Guimarães a área urbana passa de 4% para 32%, apesar do incremento em termos absolutos de 66,24km².

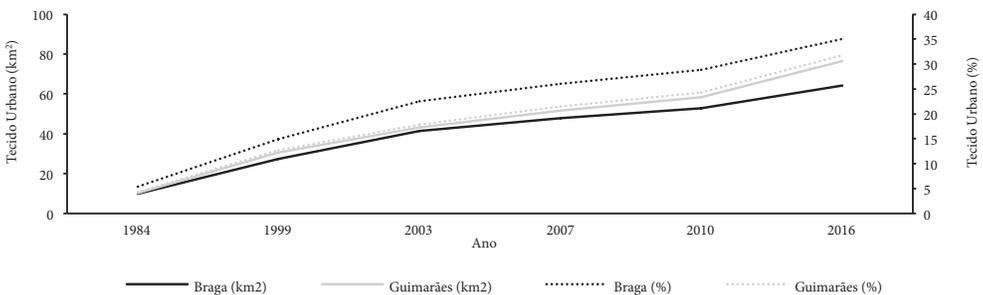


Fig. 6 – Tecido urbano (km² e %) nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 6 – Urban tissue (km² and %) in the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

A despeito do crescimento urbano entre 1984 e 2016 exibir uma tendência *grosso modo* linear (fig. 6), uma análise pormenorizada coloca em evidência dissimilaridades

temporais. Os incrementos mais significativos de área urbana no município de Braga (17,45km²) e de Guimarães (20,42km²) ocorrem no intervalo 1984-1999, consubstanciando estes 15 anos 30-32% do crescimento urbano registado nas três décadas em estudo (fig. 7). Por sua vez, os menores ganhos registam-se entre 2007 e 2010, coincidindo com o hiato mais reduzido.

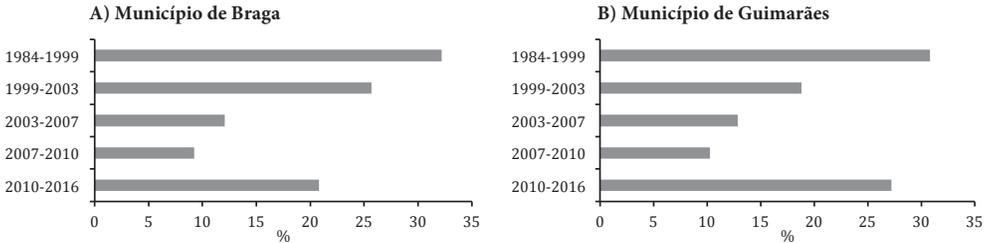


Fig. 7 – Crescimento urbano (%) nos municípios de (A) Braga e de (B) Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 7 – Urban growth (%) in the municipalities of (A) Braga and (B) Guimarães between 1984 and 2016.

No intervalo 1984-1999, decorrente da amplitude temporal abarcada e da reduzida dimensão urbana no início da série histórica, registam-se os ganhos proporcionais de tecido urbano mais elevados – triplicando em Guimarães (ganhos de 200%) e ficando próximo disso em Braga. Decorridos 32 anos, os ganhos de tecido urbano no município de Guimarães cifram-se nos 649% (*i.e.*, mais que setuplicam), enquanto em Braga representam uma ampliação de seis vezes e meia (550%). Efetivamente, Guimarães regista quase sempre os ganhos proporcionais mais elevados, constituindo o intervalo 1999-2003 a única exceção (quadro I).

Quadro I – Proporção do crescimento urbano (%) nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Table I – Urban growth proportion (%) in the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

Intervalo Temporal	Braga	Guimarães
1984-1999	177	200
1999-2003	51	41
2003-2007	16	20
2007-2010	10	13
2010-2016	21	31
1984-2016	550	649

Considerando que o contributo de cada intervalo temporal para o crescimento urbano ocorrido nos 32 anos em estudo se encontra diretamente relacionado com o número de anos que abarca, procede-se ao cálculo da taxa anual de crescimento urbano (quadro II), a fim de neutralizar o efeito desta diferença.

Quadro II – Taxa anual de crescimento urbano (Km² e %) nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Table II – Annual urban growth rate (Km² and %) in the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

Intervalo Temporal	Braga		Guimarães	
	Km ² /ano	%	Km ² /ano	%
1984-1999	1,164	0,64	1,361	0,57
1999-2003	3,486	1,90	3,117	1,29
2003-2007	1,637	0,89	2,128	0,88
2007-2010	1,666	0,91	2,266	0,94
2010-2016	1,884	1,03	3,008	1,25

Uma análise comparativa entre o município de Braga e o de Guimarães revela que entre 1984 e 2007 (*i.e.*, 1984-1999, 1999-2003 e 2003-2007) a taxa de crescimento urbano mais elevada ocorre em Braga; porém, a partir de 2007 (*i.e.*, 2007-2010 e 2010-2016), a situação transfigura-se. A taxa de urbanização mais elevada verifica-se em Braga entre 1999-2003, período em que, por ano, é convertido 1,9% do território em superfícies impermeáveis antrópicas. Guimarães nunca consegue igualar estes valores, dado que em igual período, a taxa de crescimento é de apenas 1,29% (quadro II).

3. Os modos de crescimento urbano

Os diferentes modos de crescimento urbano (*i.e.*, colmatação, contiguidade, dispersão) foram identificados nesta investigação para os municípios de Braga e de Guimarães a partir da aplicação do *Landscape Expansion Index* (LEI), proposto por Liu *et al.* (2010), às novas manchas de tecido urbano extraídas das imagens *Landsat*. Nestes municípios o crescimento em contiguidade é o modo dominante nos cinco intervalos temporais em estudo, correspondendo sempre a mais de 50% do total das novas manchas urbanas (quadro III, figs. 8 e 9). A colmatação urbana assume-se como o segundo modo mais importante em Braga, mas não em Guimarães, onde esta posição é ocupada pela dispersão. Efetivamente, durante 25 dos 32 anos em estudo, o crescimento por dispersão constituiu o segundo modo mais expressivo em Guimarães; enquanto em Braga a dispersão foi apenas mais importante do que a colmatação urbana durante os primeiros 15 anos da série temporal.

A colmatação urbana ocorre maioritariamente no interior do núcleo urbano central de Braga e de Guimarães. Sem embargo, realçar que no município vimaranense se nota igualmente a colmatação em pequenos aglomerados – inclusive no intervalo 1984-1999, hiato em que em Braga este modo de crescimento confina em exclusivo ao âmago da cidade (figs. 8 e 9). O crescimento em contiguidade, geralmente associado a manchas de maior dimensão, surge primordialmente no entorno da urbe primaz de Braga e de Guimarães (sobretudo numa primeira fase, consubstanciando uma nova coroa urbana) e ao longo dos eixos viários. Uma vez mais ressaltar que, em Guimarães a contiguidade é transversal aos restantes núcleos já observados em 1984. Por último, a dispersão urbana decorrente da adição de segmentos urbanos minúsculos, correspondentes em muitos casos a habitações isoladas, é por demais evidente no território extrínseco ao perímetro urbano.

Quadro III – Modos de crescimento urbano (%) nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Table III – Urban growth modes (%) in the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

Modo de Crescimento	1984-1999		1999-2003		2003-2007		2007-2010		2010-2016	
	Braga	Guimarães								
Disperso	25,87	26,74	6,78	8,04	18,64	22,01	10,91	14,83	18,62	20,99
Contiguidade	64,06	66,82	64,44	59,84	58,88	60,23	62,71	57,92	57,19	58,66
Colmatção	10,07	6,44	28,77	32,12	22,48	17,77	26,38	27,25	24,18	20,34
Total	100									
Peso (%) no total de crescimento (1984-2016)	32,18	30,84	25,70	18,82	12,07	12,86	9,21	10,26	20,83	27,23

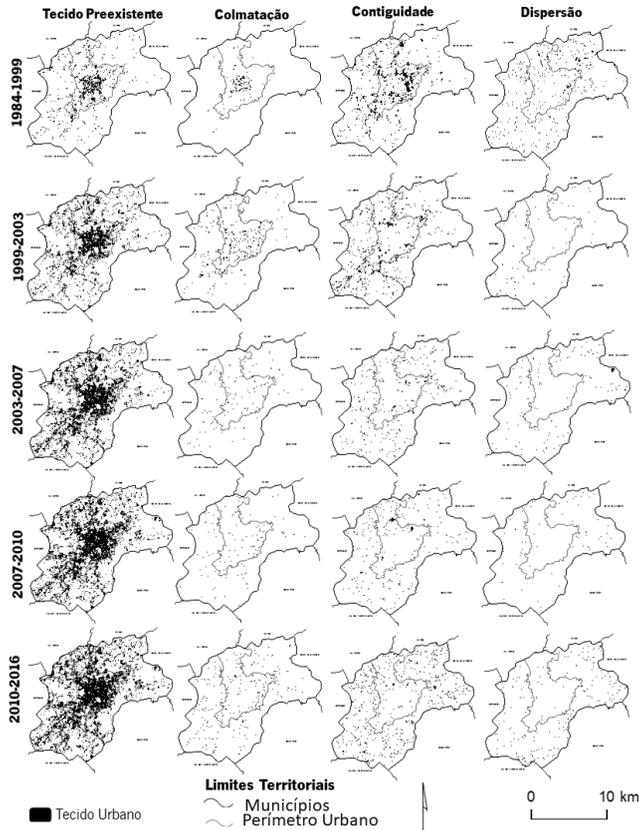


Fig. 8 – Distribuição dos três modos de crescimento urbano verificados no município de Braga entre 1984 e 2016.

Fig. 8 – Distribution of the three urban growth modes observed in the municipality of Braga between 1984 and 2016.

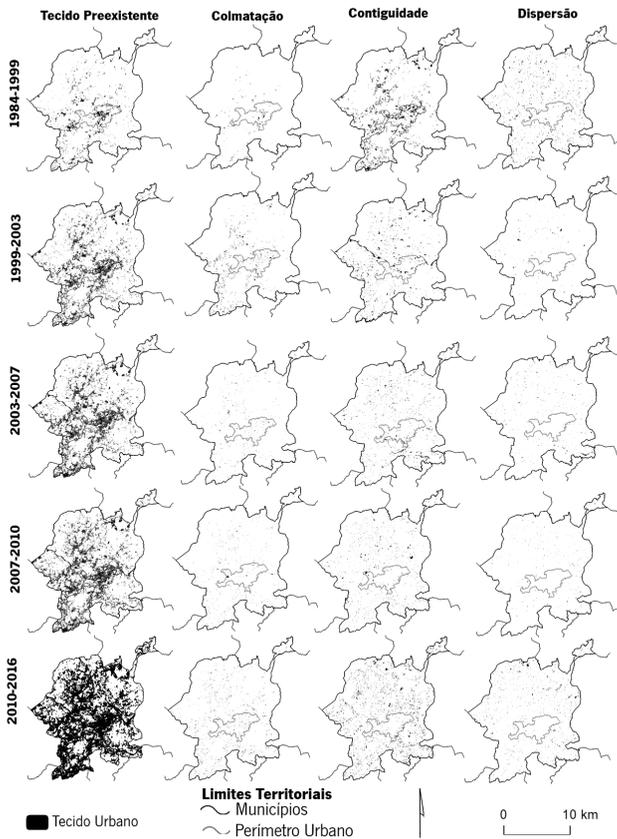


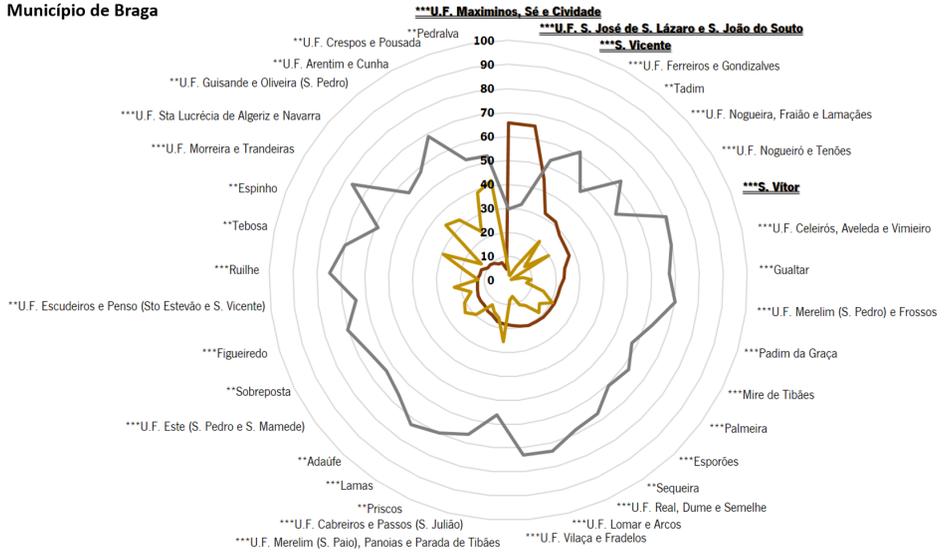
Fig. 9 – Distribuição dos três modos de crescimento urbano verificados no município de Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 9 – Distribution of the three urban growth modes observed in the municipality of Guimarães between 1984 and 2016.

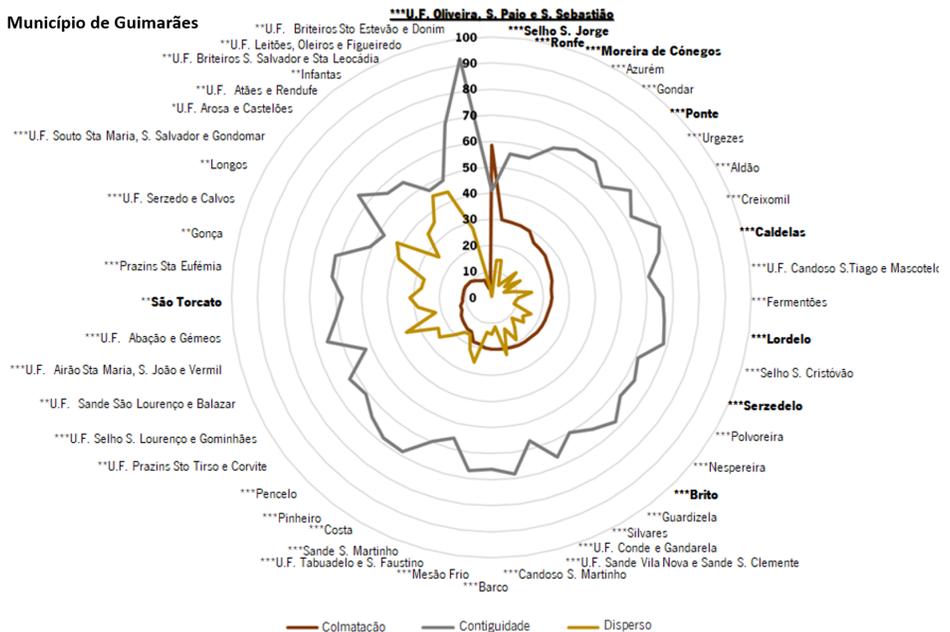
A análise do LEI ao nível da freguesia permite identificar as especificidades intramunicipais. Em consonância com o verificado anteriormente, sobressai a distribuição uniforme do crescimento em contiguidade nas freguesias bracarenenses e vimaranenses, ainda assim realça-se a importância deste modo de crescimento na União de Freguesias Briteiros (Santo Estevão) e Donim (Guimarães), na qual corresponde a mais de 90% do crescimento urbano verificado entre 1984 e 2016 (fig. 10).

Relativamente ao crescimento urbano por colmatação e dispersão sobressai a posição diametralmente oposta das freguesias determinada pela maior/menor representatividade de cada um dos modos. Esta disjunção espacial quase simétrica, coloca em evidência a forte correlação negativa exibida pelas duas variáveis (-0,7, p-valor <0,01) em ambos os municípios (quadro IV). Com efeito, é lícito afirmar que as freguesias com maior crescimento por dispersão são, concomitantemente, aquelas que apresentam menor colmatação urbana.

Município de Braga



Município de Guimarães



Negrito e sublinhado – freguesias dos centros históricos da cidade de Braga e de Guimarães; Negrito – freguesias com estatuto de vila. Tipologia das Áreas Urbanas (INE): *** Áreas Predominantemente Urbanas; ** Áreas Mediamente Urbanas; * Áreas Predominantemente Rurais.

Fig. 10 – Repartição dos três modos de crescimento urbano por freguesia de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 10 – Distribution of the three urban growth modes by parish of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

Quadro IV – Correlação de *Spearman* entre os modos de crescimento urbano nas freguesias de Braga e de Guimarães.

Table IV – *Spearman correlation among the urban growth modes in the parishes of Braga and Guimarães.*

Modo de Crescimento		Colmatação	Contiguidade	Disperso
Colmatação	Braga	1,000	–	–
	Guimarães	1,000	–	–
Contiguidade	Braga	-0,246	1,000	–
	Guimarães	0,138	1,000	–
Disperso	Braga	-0,714**	-0,346*	1,000
	Guimarães	-0,720**	-0,591**	1,000

Nível de significância: **correlação significativa no nível 0,01; *correlação significativa no nível 0,05.

A colmatação urbana predomina nas freguesias que constituem o núcleo das cidades de Braga e de Guimarães, bem como naquelas que se encontram classificadas pelo INE como Área Predominantemente Urbana (fig. 10). O crescimento disperso ocorre, maioritariamente, nas freguesias classificadas como Área Mediamente Urbana ou Área Predominantemente Rural (fig. 10). No caso específico de Guimarães, constata-se que as vilas se concentram no setor onde predomina a colmatação sobre a dispersão – excetuando-se apenas São Torcato, a única vila classificada como Área Mediamente Urbana. O crescimento disperso exhibe igualmente uma relação inversa com a contiguidade urbana, sendo esta associação – do ponto de vista estatístico – mais significativa em Guimarães do que em Braga (-0,3, p-valor <0,05 em Braga vs -0,6, p-valor <0,01 em Guimarães). Por sua vez, o crescimento em contiguidade e a colmatação não apresentam uma relação significativa do ponto de vista estatístico (quadro IV).

IV. DISCUSSÃO: DAS (DIS)SIMILARIDADES URBANAS ÀS LIGAÇÕES EMPÍRICAS COM A TEORIA URBANA

A estrutura urbana multinucleada axiomática em Guimarães, e cognoscível em Braga, contrasta com os convencionais núcleos individuais bem delimitados – a ideia da cidade-corpo (Domingues, 2015). Em vista disso, estes dois municípios assumem-se como excelentes casos de estudo das dinâmicas urbanas (e ambientais) pós-modernas. Com o descortinar da trajetória urbana fica em evidência que, mais do que temporal (*i.e.*, no Quando?) ou quantitativamente (*i.e.*, no Quanto?), os municípios em estudo apresentam disparidades espaciais (*i.e.*, no Onde? e no Como?). Face à complexidade dos padrões (e processos) urbanos, recorre-se à tendência espacial de mudança para discernir a(s) direção(ões) da evolução urbana nos municípios de Braga e de Guimarães. Efetivamente, é notório o desequilíbrio do processo de urbanização, decorrente da oscilação geográfica dos *hotspots* de mudança (figs. 11 e 12).

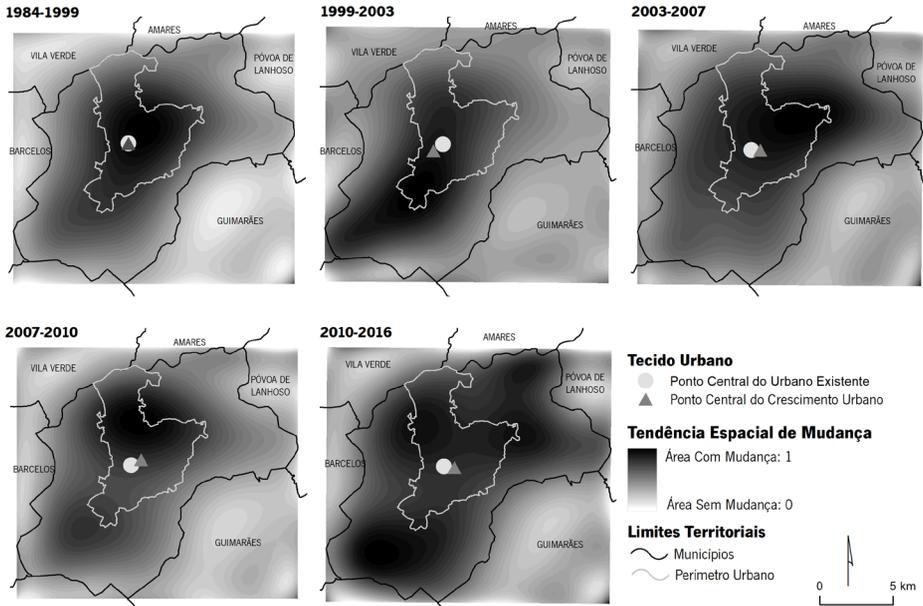


Fig. 11 – Tendência espacial de mudança no município de Braga entre 1984 e 2016.

Fig. 11 – *Spatial trend of change in the municipality of Braga between 1984 and 2016.*

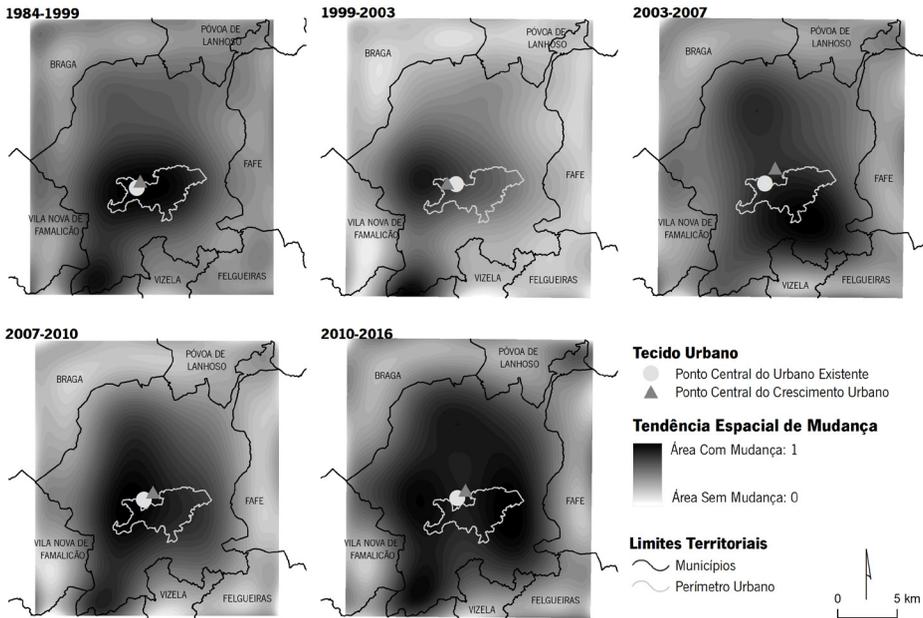


Fig. 12 – Tendência espacial de mudança no município de Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 12 – *Spatial trend of change in the municipality of Guimarães between 1984 and 2016.*

O processamento integrado das imagens referentes aos 32 anos em estudo revela um padrão de urbanização notoriamente distinto nos dois municípios (fig. 13): em Braga, verifica-se um desenvolvimento concêntrico em torno do núcleo genético e confinado, em grande medida, ao atual perímetro urbano; em Guimarães, o crescimento urbano desloca-se para Norte do ponto central do tecido urbano de 1984, ancorando-se no limite Oeste do atual perímetro urbano, dado que se denotam importantes *hotspots* de mudança a Noroeste e Sudoeste. Com efeito, o perímetro urbano bracarense capta melhor o processo de urbanização do que o vimaranense, exibindo a cidade de Braga maior poder de polarização do que a Guimarães, onde as vilas continuam a constituir importantes núcleos de condensação da população.

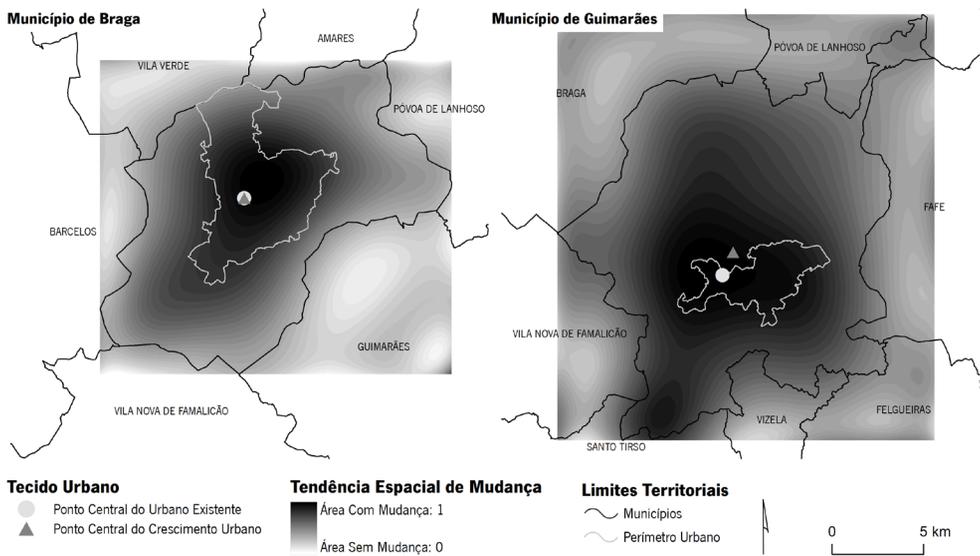


Fig. 13 – Síntese da tendência espacial de mudança nos municípios de Braga e de Guimarães no período 1984-2016.

Fig. 13 – *Synthesis of the spatial trend of change in the municipalities of Braga and Guimarães in the period 1984-2016.*

A estrutura urbana *sui generis* de Braga, e muito particularmente a de Guimarães, só é possível por via da combinação de lógicas de crescimento urbano decorrentes da colmatação de vazios urbanos, de continuidade com o tecido preexistente, e de disseminação no território, como revelado pelo LEI (figs. 8 e 9). A contiguidade urbana constitui o modo de crescimento dominante nos dois municípios, correspondendo a mais de 60% do crescimento verificado entre 1984 e 2016, como reportado em outros estudos (e.g., Abrantes *et al.*, 2016; Dahal *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2010; Shi *et al.*, 2012); e, corroborando, em consonância com a primeira da Lei da Geografia, proposta por Tobler (1970), que existe uma forte relação das novas manchas urbanas com a estrutura implementada no território.

Ademais, o LEI confirma não só que a dispersão urbana assume maior acuidade em Guimarães do que em Braga (Domingues, 1999; Portas, 2012), como também mostra que esta “realidade” tem perdurado nas últimas décadas, exatamente como Portas (1986) antevia. Em Guimarães o PDM, aprovado em 1994, não contrariou a tendência secular instalada no território, reforçando a asserção de Encarnação *et al.* (2013, p. 2687) que o crescimento urbano “seems to have been more conducted by processes than by plans”.

O *Mean Expansion Index* (MEI), que traduz a maior ou menor compacidade do crescimento urbano a partir da importância relativa de cada um dos modos de crescimento, coloca em evidência que o processo de urbanização nos municípios de Braga e Guimarães no decorrer dos 32 anos em análise foi intercalando períodos de maior dispersão com outros de maior compactação (fig. 14). Este padrão oscilatório parece suportar a hipótese teórica que as áreas urbanas alternam de modo cíclico fases de difusão com fases de coalescência, proposta por Herold *et al.* (2005) e corroborada por diversos autores (*e.g.*, Aguejidad & Hubert-Moy, 2016; Dahal *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2010).

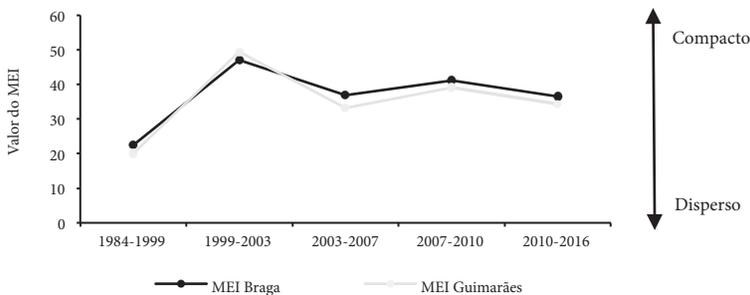


Fig. 14 – MEI nos municípios de Braga e de Guimarães entre 1984 e 2016.

Fig. 14 – MEI in the municipalities of Braga and Guimarães between 1984 and 2016.

Por fim, importa realçar que os três modos de crescimento urbano operam em simultâneo. Assim sendo, a simplificação dicotômica difusão-coalescência, apresentada por Herold *et al.* (2005), apesar de perceptível neste território, poderá não ser suficiente para escrever a complexidade espacial e temporal deste fenómeno, particularmente no contexto da urbanização difusa.

V. CONCLUSÃO

Atendendo à natureza específica deste trabalho, optou-se por dar um enfoque bipartido ao seu fecho. Assim, primeiramente, a atenção encontra-se direcionada para a identificação das limitações dos dados e métodos empregues na investigação empírica; e, em seguida, apontam-se as conclusões advindas do trabalho *per si*.

Os retratos sequenciais adquiridos por Detecção Remota permitiram debelar, em grande parte, as restrições que a falta de dados espaciotemporais contínuos sempre impuseram ao enfoque cronogeográfico dos estudos urbanos. Note-se, porém, que a pegada da área impermeabilizada constitui apenas uma das faces do imenso poliedro que constitui o fenómeno urbano. O arquivo *Landsat* – a mais longa e contínua série de imagens de média resolução – por ser disponibilizado gratuitamente transformou-se na principal base para a extração do tecido urbano. Conquanto, a classificação das imagens permanece uma tarefa complexa e laboriosa, sobretudo quando se trata da distinção entre o tecido urbano e o solo nu – situação maximizada em territórios de urbanização difusa – dada a similaridade das suas assinaturas espectrais. A isto soma-se ainda o problema dos píxeis, já amplamente reportado e debatido (*e.g.*, Tenedório *et al.*, 2004; Yang, 2011). Sem embargo, os satélites com elevada resolução espacial, por possuírem uma amplitude temporal mais reduzida e implicarem custos monetários de aquisição, nunca se suplantaram ao *Landsat* como fonte de dados.

A discriminação e quantificação dos modos de crescimento pelo LEI contribui para um entendimento mais profundo das dinâmicas urbanas, pois revela a relação da estrutura urbana com o respetivo processo de evolução. Ademais, fornece a base necessária à comprovação/refutação de teorias urbanas, como por exemplo, a hipótese e de difusão e coalescência do crescimento urbano.

Entre 1984 e 2016 são por de mais evidentes as mudanças na paisagem urbana de Braga e de Guimarães, que caso se desconsiderasse o modelo territorial subjacente se descreveria como caótica ou irracional. E, “numa palavra, a dispersão é o caos – e os deuses (como os planeadores) têm horror ao caos” (Portas, 2005, p. 81). Contudo, este pequeno “caos” quando devidamente enquadrado, e se observado sem os pré-conceitos estabelecidos sobre a “boa forma urbana”, exhibe uma lógica consistente, em traços gerais captada nos seguintes padrões: o primeiro abarca o núcleo histórico da cidade de Braga e de Guimarães, onde a urbanização é mais compacta e estabilizada; o segundo, imediatamente contíguo, apresenta uma mancha urbana menos estruturada, corresponde à expansão recente deste núcleo; o terceiro engloba aglomerações de dimensão reduzida, mas compactas, comuns nas imediações do núcleo primaz das paróquias, sendo esta situação mais premente em Guimarães, por força do poder condensação das vilas; o quarto, consiste nos eixos lineares que acompanham as vias rodoviárias, as linhas de água ou os alinhamentos da orografia; e, por fim, o quinto, corresponde então aos segmentos urbanos isolados, decorrentes de habitações unifamiliares isoladas. Este crescimento descosido (*leap-frogging*) rompe com a visão da cidade-corpo (materializada no território por via do perímetro urbano municipal), e, conseqüentemente, obriga à superação de velhas dicotomias (*e.g.*, cidade/campo; urbano/rural), que não fazem sentido nem como grelha analítica, nem como modelo prospetivo. Efetivamente, o que neste momento se impõe como protagonista não é a cidade, mas o urbano (Portas, 2000); e, em Braga, mas sobretudo em Guimarães, o urbano já não mora na cidade, mas fora dela (e dos perímetros urbanos).

Os resultados obtidos para os municípios de Braga e de Guimarães atestam a capacidade do LEI – assente na integração da Deteção Remota com os SIG – na captura das dinâmicas multifacetadas do processo de urbanização, amplamente maximizadas em territórios de urbanização difusa. Dessarte, o LEI pode dar um contributo importante na compreensão deste modelo territorial, constantemente apelidado de banal por não coadunar com os cânones urbanísticos, e que – por força de tal asserção – tem sido preterido em relação a outras áreas-problema, mais bem conhecidas, diagnosticadas e até experimentadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi suportado pela Fundação da Ciência e Tecnologia (FCT), através da Bolsa de Doutoramento SFRH/BD/111263/2015.

ORCID iD

Catarina de Almeida Pinheiro  <https://orcid.org/0000-0003-4191-4282>

Maria Manuela Laranjeira  <https://orcid.org/0000-0002-6513-1963>

Miguel Bandeira  <https://orcid.org/0000-0002-8683-4537>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, P., Fontes, I., Gomes, E., & Rocha, J. (2016). Compliance of land cover changes with municipal land use planning: Evidence from the Lisbon metropolitan region (1990-2007). *Land Use Policy*, 51, 120-134. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.023>
- Aguejidad, R., & Hubert-Moy, L. (2016). Suivi de l'artificialisation du territoire en milieu urbain par télédétection et à l'aide de métriques paysagères. Application à une agglomération de taille moyenne, Rennes Métropole [Monitoring of land use in urban areas by remote sensing and using landscape metrics. Application to a medium-sized agglomeration, Rennes Métropole]. *Cybergeo: European Journal of Geography*, 766, 1-24. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27465>
- Bhatta, B. (2013). *Research Methods in Remote Sensing*. Springer.
- Brito-Henriques, E., Morgado, P., & Cruz, D. (2018). Morfologia da cidade perfurada: padrões espaciais de ruínas e terrenos vacantes em cidades portuguesas [Morphology of the perforated city: spatial patterns of ruins and vacant land in portuguese cities]. *Finisterra – Revista de Geografia Portuguesa*, LIII(108), 111-133. <https://doi.org/10.18055/Finis12160>
- Chen, L., Ren, C., Zhang, B., Wang, Z., & Liu, M. (2018). Quantifying Urban Land Sprawl and its Driving Forces in Northeast China from 1990 to 2015. *Sustainability*, 10(1), 188. <https://doi.org/10.3390/su10010188>
- Clark, D. (1991). *Introdução à Geografia Urbana* (2ª ed.) [Introduction to Urban Geography (2nd ed.)]. Bertrand Brasil.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Review Article – Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9), 1565-1596. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>

- Dahal, K. R., Benner, S., & Lindquist, E. (2017). Urban hypotheses and spatiotemporal characterization of urban growth in the Treasure Valley of Idaho, USA. *Applied Geography*, 79, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.002>
- Dietzel, C., Herold, M., Hemphill, J., & Clarke, K. (2005). Spatio-temporal dynamics in California's Central Valley: Empirical links to urban theory. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2), 175-195. <https://doi.org/10.1080/13658810410001713407>
- Domingues, A. (1999). Formas e escalas da urbanização difusa – interpretação e intervenção no NO de Portugal [Forms and scales of diffuse urbanization – interpretation and intervention in the NW of Portugal]. *Inforgeo*, 14, 43-64.
- Domingues, A. (2007). Norte – Entre Douro e Minho [North – Between Douro and Minho]. In F. Jorge (Ed.), *Portugal Visto do Céu* [Portugal From the Sky] (pp. 14-53). Argumentum.
- Domingues, A. (2011). *Vida no Campo* [Country Life]. Dafne Editora.
- Domingues, A. (2015). Cidade Esponja [Sponge City]. *XXI, Ter Opinião*, 4, 18-31. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Encarnação, S., Gaudiano, M., Santos, F., Tenedório, J., & Pacheco, J. (2013). Urban Dynamics, Fractals and Generalized Entropy. *Entropy*, 15, 2679-2697. <https://doi.org/10.3390/e15072679>
- Forman, R. (1995). *Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.
- Gomes, E., Banos, A., Abrantes, P., & Rocha, J. (2018). Assessing the Effect of Spatial Proximity on Urban Growth. *Sustainability*, 10(5), 1308. <https://doi.org/10.3390/su10051308>
- Herold, M., Hemphill, J., Dietzel, C., & Clarke, K. (2005). Remote sensing derived mapping to support urban growth theory. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVI-8/W27 (pp. 1-7). ISPRS. https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/8-w27/herold_hemphill_etal.pdf
- Instituto Nacional de Estatística. (1981). *Recenseamento da população e habitação – Censos 1981. Resultados Definitivos – Distrito de Braga* [Population and housing census – 1981 Census. Definitive Results – District of Braga]. INE. https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&menuBOUI=13707294&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=66200373&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1
- Instituto Nacional de Estatística. (1991). *Recenseamento da população e habitação – Censos 1991. Resultados Definitivos – Região Norte* [Population and housing census – 1991 Census. Definitive Results – North Region]. INE. https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&menuBOUI=13707294&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=377623&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1
- Instituto Nacional de Estatística. (2001). *Recenseamento da população e habitação – Censos 2001* [Population and housing census – 2001 Census]. INE. https://censos.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=379456&att_display=n&att_download=y
- Instituto Nacional de Estatística. (2011). *Recenseamento da população e habitação – Censos 2011* [Population and housing census – 2011 Census]. INE. https://censos.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=156643035&att_display=n&att_download=y
- Janssen, L., & Wel, F. (1994). Accuracy assessment of satellite derived land cover data: A review. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60(4), 410-432.
- Li, C., Li, J., & Wu, J. (2013). Quantifying the speed, growth modes, and landscape pattern changes of urbanization: a hierarchical patch dynamics approach. *Landscape Ecology*, 28(10), 1875-1888. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9933-6>
- Liu, T., & Yang, X. (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. *Applied Geography*, 56, 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.10.002>
- Liu, X., Li, X., Chen, Y., Tan, Z., Li, S., & Ai, B. (2010). A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape Ecology*, 25, 671-682. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9454-5>
- Portas, N. (1986). Modelo Territorial e Intervenção no Médio Ave [Territorial Model and Intervention in Médio Ave]. *Sociedade e Território*, 5, 8-13.
- Portas, N. (2000). *O Desafio Urbano, entrevista a Nuno Portas por Maria Leonor Antunes* [The Urban

- Challenge, interview with Nuno Portas by Maria Leonor Antunes]. *Jornal de Letras e Ideias*.
- Portas, N. (2005). *Nuno Portas. Prémio Sir Patrick Abercrombie – UIA 2005* (2ª ed.) [Sir Patrick Abercrombie Award – UIA 2005 (2nd. ed.)]. Ordem dos Arquitectos.
- Portas, N. (2012). *Os Tempos Das Formas – Vol. II. A Cidade Imperfeita e a Fazer* [The Times of Forms – Vol. II. The Imperfect City and the City to Do]. Escola de Arquitetura da Universidade do Minho.
- Ribeiro, O. (1995). *Opúsculos Geográficos. VI Volume – Estudos Regionais* [Geographic Opuscles. VI Volume – Regional Studies]. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Shi, Y., Sun, X., Zhu, X., Li, Y., & Mei, L. (2012). Characterizing growth types and analyzing growth density distribution in response to urban growth patterns in peri-urban areas of Lianyungang City. *Landscape and Urban Planning*, 105(4), 425-433. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.017>
- Song, X., Sexton, J., Huang, C., Channan, S., & Townshend, J. (2016). Characterizing the magnitude, timing and duration of urban growth from time series of Landsat-based estimates of impervious cover. *Remote Sensing of Environment*, 175, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.027>
- Sui, D. (2011). Rethinking progress in urban analysis and modeling: models, metaphors, and meaning. In X. Yang (Ed.), *Urban remote sensing: Monitoring, synthesis and modelling in the urban environment* (pp. 372-382). John Wiley & Sons.
- Tenedório, J., Rocha, J., Encarnação, S., & Sousa, P. (2004). Classificação de uso do solo urbano através da análise linear de mistura espectral em imagens de satélite [Classification of urban land use through the linear spectral mixture analysis in satellite images]. In P. Remoaldo, M. Vale, S. Claudino, M. Caldeira, V. Teles, M. Bandeira, & P. Nossa (Eds.), *Atas do IV Congresso Nacional de Geografia “Portugal: Territórios e Protagonistas”* [Proceedings of the IV National Congress of Geography “Portugal: Territories and Protagonists”] (pp. 1-46). Universidade do Minho. http://apgeo.pt/files/docs/CD_V_Congresso_APG/web/pdf/C2_3_2_14Out_Tenedorio_Rocha_Analise_Linear.pdf
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(sup. 1), 234-240. <https://doi.org/10.2307/143141>
- Villa, P. (2012). Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and Landsat data: The Milan (Italy) city area case study. *Landscape and Urban Planning*, 107(3), 245-254. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.014>
- Weeks, J. (2010). Defining Urban Areas. In T. Rashed, & C. Jürgens (Eds.), *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas* (pp. 33-46). Springer.
- Yang, X. (2011). Use of archival Landsat imagery to monitor urban spatial growth. In X. Yang (Ed.), *Urban remote sensing: Monitoring, synthesis and modelling in the urban environment* (pp. 15-33). John Wiley & Sons.