

CARACTERIZAÇÃO DA FRANJA URBANA-RURAL ATRAVÉS DE GRADIENTES: ANÁLISE POR *CONTINUUM VERSUS* CONTRASTE

Jorge Rocha ⁽¹⁾, José A. Tenedório ⁽²⁾, Paulo M. Sousa ⁽³⁾, Eduarda M. Costa ⁽⁴⁾, Nuno M. Costa ⁽⁵⁾

^{1, 3, 4 e 5} Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras – Universidade de Lisboa, Alameda da Universidade, 1600–214 Lisboa, Tel: (+ 351) 21 794 02 18, jrocha@fl.ul.pt, pms@fl.ul.pt, eduardamcosta@netcabo.pt, nunomcosta@netcabo.pt.

² e-GEO, Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa, Avenida de Berna, 26–C, 1069–061 Lisboa, Tel: (+ 351) 21 793 35 19, ja.tenedorio@fcsh.unl.pt.

Palavras-chave: Forma Urbana, Limites Urbanos, Gradientes

Resumo: O conceito de ‘urbanidade’ implica que se encare a distinção urbano-rural como um *continuum* e não como uma dicotomia. Quando a maioria das pessoas vivia em zonas rurais, a dicotomia parecia mais válida, apesar da grande variabilidade que também pode existir nesses ambientes. Já em 1950, quando a população urbana era inferior a 30%, a divisão de população das Nações Unidas afirmava que um contínuo urbano-rural seria preferível a uma dicotomia (Smailes, 1966). Portanto, deve-se caminhar na direcção da criação de uma variável – um *continuum* ou um gradiente – que de forma mais adequada e exacta reflecta as vastas diferenças existentes entre as pessoas, os locais onde vivem e como organizam as suas vidas.

Deste modo releva-se necessária a criação de um índice que possa ver o seu valor incrementado, ou simplesmente mude de valor, à medida que as características dos lugares (e das pessoas que vivem nesses lugares) se transformam com o tempo, e variam através do espaço. Um índice deste tipo permite medir tanto a quantidade (*quantum*) como a frequência (*tempo*) das alterações urbanas e sua evolução, e portanto, aumenta a nossa capacidade de prever e compreender os fenómenos actuais relacionados com a transição das regiões para uma realidade urbana e/ou a forma como estas continuam a evoluir na sua ‘urbanidade’. O objectivo deste trabalho é propor um índice de ‘urbanidade’ – ou um gradiente urbano – baseado em imagens obtidas por detecção remota. O índice será

aplicado à Área Metropolitana de Lisboa, a qual inclui espaços urbanos e rurais administrativamente bem definidos (Tenedorio et al, 2004).

1. Introdução

Durante milénios o Homem dependeu directamente da natureza para sobreviver. Quando as condições do terreno e climatéricas eram favoráveis, as comunidades humanas desenvolviam-se, mesmo quando a caça e a recolha de alimentos impunham limitações. A densidade populacional era baixa: por um lado, devido a anos e períodos de escassez, por outro, porque os meios primitivos de que o Homem dispunha para explorar o ambiente que o rodeava, não permitiam a recolha de produtos alimentares numa escala suficientemente grande para prover a subsistência de populações numerosas.

Desta forma, à cerca de 12000 anos, os grupos humanos viviam de forma muito semelhante à dos seus antepassados mais remotos, os quais tinham aprendido a usar utensílios de pedra e viviam da caça e da recolha de alimentos. Decorridos alguns milénios, porém, uma nova realidade transformou a face da Terra: a agricultura.

Pela primeira vez, a agricultura permitiu ao Homem produzir mais do que o exigido pelas necessidades imediatas da sua família, obrigando-o a decidir sobre o destino a dar a esse excedente. Podia armazená-lo, para satisfazer as necessidades de uma futura época de maior escassez, trocá-lo por outros tipos de alimentos ou de matérias-primas que tornassem o seu trabalho mais eficiente, ou ainda adquirir objectos manufacturados por artífices “especializados”.

Quando se desenvolveram em maior grau os sistemas de organização das sociedades, o excedente de produção passou a constituir uma espécie de imposto destinado a financiar os projectos demasiado onerosos para serem suportados apenas pelos recursos de uma única família, e cujo benefício era comum: por exemplo, a construção de muralhas defensivas e a manutenção de um exército. O mundo tornara-se agora muito mais complexo. O Homem vivia em comunidades maiores, autênticas aldeias e cidades, com “especialistas”, como os metalúrgicos, os sapateiros, etc., e as divisões entre ricos e pobres tornaram-se progressivamente evidentes.

No entanto, no início do século XIX, a quase totalidade da população ainda vivia em espaços rurais. Cidades como Lisboa e Setúbal eram ilhas de urbanidade num mar de ruralidade. Mesmo no início do século XX a grande maioria da população (perto de 90%) continuava a viver em ambiente rural. No entanto, ao principiar o século XXI observa-se que

praticamente um em cada dois habitantes vive num espaço urbano, prevendo-se que a paridade seja atingida no final da primeira década do século (United Nations, 2002).

Esta transição urbana – a deslocação da população de uma realidade predominantemente rural para uma outra predominantemente urbana – é parte integrante da transição demográfica e evolui de forma concertada com os outros factores que a compõem (ver Weeks, 2002). Efectivamente, chegou-se a um ponto, na nossa história, em que é possível vislumbrar o fim da transição urbana. Esta situação é já uma realidade nos países mais desenvolvidos, onde praticamente toda a população vive em zonas urbanas. No entanto, o fim da transição urbana não implica necessariamente o fim do processo de evolução urbana (Pumain, 2002).

Os processos evolutivos incluem padrões de suburbanização, exurbanização, periurbanização, e mesmo, contra-urbanização – a deslocalização das populações de regiões densamente urbanizadas para outras de menor densidade (ver p.ex. Champion 1989). O mero facto do efectivo populacional que prefere viver em áreas urbanas ter vindo a sofrer fortes incrementos não significa o fim da metamorfose do ambiente urbano em si, seja numa perspectiva temporal e/ou espacial. De facto, actualmente existe maior variabilidade entre os espaços urbanos e dentro da população urbana do que em qualquer outro momento da nossa história. Como resultado, é evidente que o fim da transição urbana, quando ocorrer, não significará o fim da utilidade do conceito de ‘urbano’. Ao invés, a continua evolução urbana implica que as medidas de ‘urbanidade’ se tornem cada vez mais úteis como índices da variabilidade referente às atitudes e comportamentos das pessoas, e como uma ferramenta de planeamento para os decisores (Hugo et al, 2003).

O conceito de ‘urbanidade’ implica que se encare a distinção urbano-rural como um *continuum* e não como uma dicotomia. Quando a maioria das pessoas vivia em zonas rurais, a dicotomia parecia mais válida, apesar da grande variabilidade que também pode existir nesses ambientes. Já em 1950, quando a população urbana era inferior a 30%, a divisão de população das Nações Unidas afirmava que um contínuo urbano-rural seria preferível a uma dicotomia (Smailes, 1966). Portanto, deve-se caminhar na direcção da criação de uma variável – um *continuum* ou um gradiente – que de forma mais adequada e exacta reflecta as vastas diferenças existentes entre as pessoas, os locais onde vivem e como organizam as suas vidas.

Deste modo releva-se necessária a criação de um índice que possa ver o seu valor incrementado, ou simplesmente mude de valor, à medida que as características dos lugares (e das pessoas que vivem nesses lugares) se transformam com o tempo, e variam através do espaço. Um índice deste tipo permite medir tanto a quantidade (*quantum*) como a

frequência (*tempo*) das alterações urbanas e sua evolução, e portanto, aumenta a nossa capacidade de prever e compreender os fenómenos actuais relacionados com a transição das regiões para uma realidade urbana e/ou a forma como estas continuam a evoluir na sua ‘urbanidade’.

O objectivo deste trabalho é propor um índice de ‘urbanidade’ – ou um gradiente urbano – baseado em imagens obtidas por detecção remota. O índice será aplicado à Área Metropolitana de Lisboa, a qual inclui espaços urbanos e rurais administrativamente bem definidos (Tenedorio et al, 2004). Antes de descrever o índice, discutir a sua derivação e exemplificar a sua implementação, torna-se necessário discutir o conceito de urbano (cidade) e de *continuum* urbano-rural.

2. O urbano e o *continuum* urbano-rural

Para desenvolver uma medida de ‘urbanidade’ é preciso, em primeiro lugar definir o que se entende por urbano. Numa primeira análise, o conceito parece não merecer contestação, uma vez que todos os indivíduos reconhecem um espaço urbano quando estão na sua presença, e por antítese, tudo o que não é urbano é rural. Mas, a própria dificuldade de tentar quantificar a ‘urbanidade’ encontra-se reflectida na falta de precisão com que separamos o mundo em rural e urbano.

Assim, definir o conceito de urbano não é fácil. Este conceito engloba critérios de vária natureza, escala e dimensão, que dependem muito da formação de quem “arrisca” a definição. De facto, várias são as disciplinas e os autores que se propõem estudar a realidade urbana, facto que se traduz pela inexistência de um conceito que seja universalmente aceite. Outros dos factores que contribuem para a dificuldade e subjectividade inerente ao conceito de urbano, reside na localização dos seus limites. Onde acaba o urbano e onde começa o rural?

Inicialmente, de limites bem definidos, normalmente com contornos físicos que se faziam representar visualmente por muralhas ou por um obstáculo geográfico (rio ou montanha), as zonas urbanas eram facilmente identificadas tanto do ponto de vista físico, como no modo de vida dos seus habitantes. Terá sido a tentativa de caracterização do modo de vida urbano, iniciada, muito particularmente, por antropólogos e sociólogos, (Redfield, 1941; Lewis, 1959; Gans, 1962), a principal razão que fez acentuar a oposição conceptual cidade-campo. Em virtude do aparecimento e desenvolvimento de, cada vez mais diversificadas, actividades económicas, assim como do incremento das tecnologias de comunicação, a

população dissemina-se por núcleos individualizados, ou que se vão individualizando progressivamente, no domínio rural tradicional, que desta forma se vai esbatendo.

Wirth (1938), defende a tese de que o modo de vida urbano, enquanto um produto citadino, não é exclusivo desta. Cada vez mais se vem verificando uma difusão gradual do modo de vida urbano pelo território, invadindo os lugares mais recônditos e inimagináveis. Conduzida pela rádio, televisão, telefone, auto-estradas, e mais recentemente pelas novas tecnologias de informação (fax, internet, etc.) e pelas pessoas, onde se destaca o papel dos migrantes, a informação e as inovações que decorrem no mundo vão possibilitar a difusão do modo de vida urbano a uma escala tal, que leva ao desaparecimento do “rural puro” (Salgueiro, 1992).

A individualização da cidade, a partir do modo de vida das pessoas, tem-se tornado cada vez mais difícil à medida que se vislumbram povoamentos com características de transição, consequência de um acentuar da evolução dos aglomerados urbanos nas periferias das grandes cidades. Os limites urbanos são, cada vez mais, uma linha imaginária que se constrói na mente de cada um, a partir da semiologia urbana. Outrora, tinham uma função de divisão ou de demarcação descontínuo, (leia-se interrupção do contínuo); os limites actualmente “...são mais uma costura de união do que propriamente uma barreira isoladora ...” (Lynch, 1960)

A tendência a partir dos anos 60 foi no sentido de descompactar, descentralizar e desconcentrar as aglomerações: pessoas e alguns serviços denotam preferência pela localização em periferias cada vez mais extensas, em detrimento do centro congestionado. A polarização, que no passado era a imagem caracterizadora de cidade, é substituída por um processo inverso, graças à incontrolável expansão do fenómeno urbano para lá de quaisquer limites que se pretenda impor. A dispersão acentuou-se de tal forma, que se chegou mesmo a criar no seio do vocabulário científico inerente, a expressão “contra-urbanização”.

Numa sociedade mundializada onde o modo de vida urbano assume um carácter dominante, o conceito de cidade perde relevância em detrimento dos classificativos espaciais “centro” e “periferia”, entre os quais se estabelecem relações de interdependência e consequentemente a construção de imperativos hierárquicos: “As cidades são importantes centros de emprego, principalmente para activos do sector secundário e terciário, mas a produção urbana destina-se maioritariamente ao exterior e nisto radica o essencial da noção de base económica urbana. (...) Os aglomerados urbanos prestam serviços, difundem ideias e distribuem bens pelas populações de arredores mais ou menos vastos que, deste modo, ficam sob a influência directa do centro urbano.” (Salgueiro, 1992).

Com a crescente evolução da cidade, outros termos se impõem de forma a melhor traduzirem realidades em transformação constante. O desenvolvimento da agricultura e a sedentarização da população constituem os dois momentos iniciais despoletadores do fenómeno 'cidade'. O excesso de mão-de-obra nos campos e a motivação crescente de uma vivência em conjunto, conduziu ao aparecimento de novas actividades especializadas, cunhadas pela produção e comercialização de artefactos, destinadas a servir e a serem servidas pelos locais onde o contacto é privilegiado. A estas novas formas de actividades chamamos de comércio e é ele que está na origem do processo que irá dar forma ao fenómeno que hoje conhecemos de cidade. Efectivamente, "... a cidade é (também) filha do comércio". (Berry, 1963).

A revolução industrial, a par com a revolução agrícola, traduziu-se no arranque maciço da actividade económica cujo desenvolvimento maiores repercussões teve sobre a organização espacial, consagradas por metamorfoses comportamentais no Homem e espelhadas no terreno.

A cidade, encara agora uma nova etapa no processo de crescimento já iniciado: com a actividade industrial em forte crescimento, necessitada de mão-de-obra, e a agricultura mecanizada e excedentária conduzem as condições para que se desenvolva uma migração em massa de população dos campos para a cidade; esta observa um crescimento populacional exponencial, crescimento para o qual não estava preparada.

O êxodo rural não cessa e a cidade há já muito que está superlotada; a população começa literalmente a amontoar-se nas imediações da mesma, em iguais ou ainda piores condições que as verificada no centro. A estes novos espaços de concentração populacional, em redor da cidade, designou-se de "áreas marginais" que correspondem, por motivo de um crescimento destas, em número e dimensão, ao fenómeno mais recentemente apelidado de *periurbanização*.

Os Anglo-Saxónicos utilizam, para periurbano, a designação de *rural-urban fringe*, conceito que Golledge (1960) atribui às áreas com uma grande variedade de usos e que foi apenas parcialmente trazido para dentro do complexo vocabulário urbano. A cidade não se expande para fora dos seus limites em anéis circulares e bem definidos; a cidade expande-se de uma forma aparentemente desorganizada, fazendo rápidos avanços nuns pontos e praticamente não se movendo noutros.

Também Carter (1971), estabeleceu uma definição conceptual do fenómeno, onde afirma que, o espaço pelo qual a cidade se expande à medida que o processo de dispersão se desenrola, esteve na origem do que se denomina por "franja urbana-rural". A área localizada apresenta-se, desta forma, como portadora de um conjunto de características distintas, já

que apenas parte do seu espaço foi assimilado pelo crescimento urbano; o restante é espaço afecto ao mundo ainda rural. Em consequência desta realidade, estabelece-se uma outra faceta deste fenómeno: a designada diferenciação social, que se traduz na coexistência neste espaço de mutações sócio-culturais permanentes e de transições rural/urbano constantes; os “novos” residentes tendo vindo dum meio essencialmente urbano difundem valores e atitudes cidadinas, enquanto os que viveram sempre em meio essencialmente rural assimilam, em maior ou menor grau, o *modos vivendi* dos “urbanos” recém-chegados.

Ainda segundo Carter, este é o processo que gerou o incoerente uso do solo que caracteriza a franja, o qual não está somente associado ao tipo de crescimento metropolitano: “... é caracterizado por uma grande heterogeneidade de usos do solo, que vão desde as antigas e intocadas vilas rurais às urbanizações modernas” (Carter, 1981).

Detectado no fim dos anos 30 e princípios de 40 na Inglaterra, o **periurbano** traduziu-se, inicialmente, sob duas formas: **rural fringe** e **urban fringe**, sendo a distinção feita com base em critérios estatísticos. A área com um uso agrícola dominante, classifica-se de franja rural; a área com mais de 50% de uso urbano sobre a área total, merece a designação de “franja urbana”.

Em 1968, Pryor estabelecia uma subdivisão ao termo “franja rural-urbana”, com base na dominância respectiva dos usos de solo, que segundo o autor permitia diferenciar no território os dois subconceitos, conforme ilustra o diagrama seguinte (Figura 1).

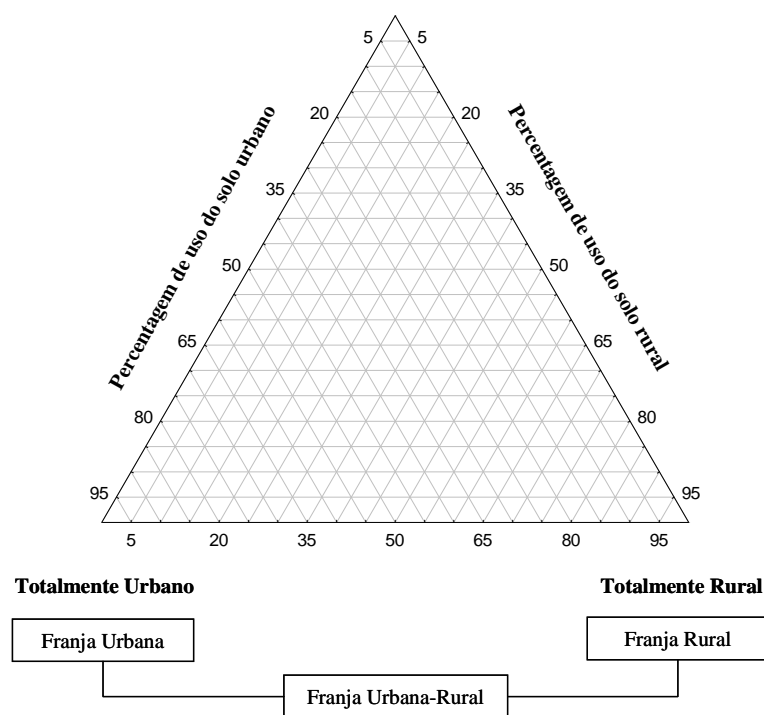


Figura 1 - Diagrama triangular de usos do solo (Adaptado de Pryor, 1968)

3. O gradiente urbano

A criação de um gradiente urbano é similar à de uma dicotomia urbano-rural, só que mais complexa. Esta última requer que se decida quais os critérios a introduzir no algoritmo, para atribuir cada lugar à categoria rural ou urbana. A criação de um gradiente requer que se adapte o algoritmo para que este indique quanto rural ou urbano um lugar é, ao invés de o atribuir a uma classe ou outra.

Existem várias questões que devem ser tidas em consideração aquando da criação de um gradiente, nomeadamente: *i)* a unidade espacial de análise; *ii)* as variáveis a combinar no índice e *iii)* como combinar as variáveis.

3.1 Unidade especial de análise

Grande parte da discussão em torno do gradiente urbano está relacionada com a unidade espacial de análise. Se for praticável circunscrever uma grande zona geográfica (ex. a área construída contígua de uma determinada zona) então os limites do espectro vão estar relativamente próximos um do outro. Por outro lado, se for exequível definir os atributos para zonas relativamente pequenas e regulares – como uma matriz de 0,5 km – então será possível compreender melhor a variabilidade inter e intra urbanos, bem como definir o fim do contínuo que não é necessariamente considerado como urbano.

De facto, esta última abordagem pode aumentar a capacidade de medir a coexistência intra-região de lugares que possam ser essencialmente rurais e daqueles que possam ser principalmente urbanos. Mais, se uma matriz estiver claramente definida, então será mais fácil medir com exactidão as alterações temporais – para compreender o processo de alteração e evolução urbana, que certamente tem um impacto importante nas atitudes e comportamentos humanos. Neste caso, que tamanho de célula (pixel) deve ser utilizado se esta abordagem (matriz) for adoptada? Deve ser suficientemente pequena para capturar a variabilidade, mas suficientemente grande para ser manuseável em termos de cálculo e análise. De facto, deve ter uma amplitude que minimize uma interpretação incorrecta: um jardim situado no interior de uma cidade deve ser classificado como menos urbano que os elementos circundantes, em termos de características físicas mas, se a escala for adequada – como por exemplo vários quarteirões ao invés de 1 m² – então ele será claramente identificado como fazendo parte de um contexto urbano e não erradamente interpretado como uma ilha rural num mar de urbanidade. De partida não existia uma ideia predefinida da

resolução ideal para o gradiente urbano, pelo que se optou pelos 30 m (resolução disponibilizada pelo sensor Landsat ETM+).

3.2 Que variáveis incluir no índice?

A urbanização, ou seja, a conversão de outros tipos de uso do solo, associada ao crescimento das populações e da economia é o principal tipo de alteração de uso e ocupação do solo na história da humanidade. O seu impacto no clima é grande, visto que cobre o território com estradas, edifícios e outras superfícies impermeáveis.

Foi anteriormente referido que a literatura existente sugere que a urbanidade é representada por uma modificação extensiva da paisagem, associada a uma diminuição da dependência nos recursos locais (McDonnell et al, 1990). Estas características conduzem naturalmente à ideia de que as variáveis a incluir gradiente urbano podem ser obtidas através do processamento digital de imagens de satélite. Utilizaram-se as imagens de satélite porque a modificação do meio-ambiente, característica dos lugares urbanos, pode ser inferida da classificação de imagens de satélite (pancromáticas e multiespectrais). Um lugar que seja distintamente urbano pode ser identificado a partir de imagens orbitais, independentemente das características dos residentes. Refira-se que o objectivo não é caracterizar os padrões de uso e ocupação do solo das zonas rurais e urbanas mas sim quantificar a preponderância do elemento construído na paisagem.

Normalmente, as áreas urbanas possuem, relativamente às não urbanas, uma maior absorção da radiação solar, uma grande conductividade e capacidade térmica, de forma que o calor é armazenado durante o dia e libertado à noite. Deste modo as áreas urbanas tendem a apresentar uma temperatura ligeiramente superior à das áreas rurais circundantes (Figura 2). Esta diferença térmica, em conjunto com a libertação de calor por parte das casas, transportes e indústria, contribui para o desenvolvimento da Ilha de Calor Urbano (ICU). Geralmente, a diferença de temperatura entre as áreas urbanas e rurais não é muito acentuada, cifrando-se, em média, em 1°C. No entanto, ocasionalmente, esta diferença pode subir para vários graus, caso as condições urbanas, topográficas e meteorológicas sejam favoráveis ao desenvolvimento da ICU.

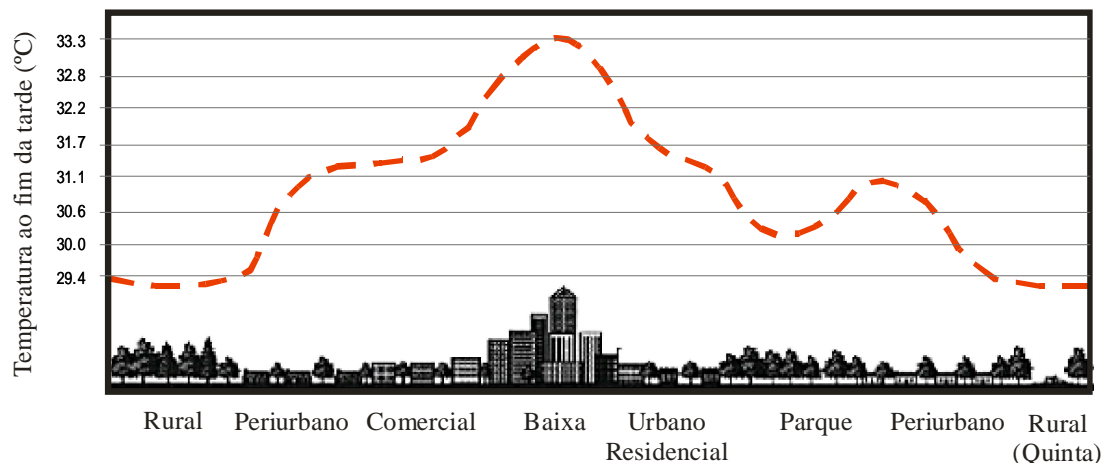


Figura 2 – Variação da temperatura de acordo com a ocupação do solo

As temperaturas radiantes à superfície são obtidas a partir da banda do infravermelho térmico, utilizando o seguinte modelo quadrático, que permite converter os níveis radiométricos (NR) em temperatura radiante.

Os estudos das características da temperatura superficial em áreas urbanas com dados obtidos por detecção remota foram primeiramente levados a efeito com dados NOAA AVHRR. A resolução espacial (cerca de 1 km) destes dados somente é considerada apropriada para traçar mapas de temperatura urbana a pequenas escalas. A resolução muito mais elevada do Landsat TM (120 m) e posteriormente do ETM+ (60 m) tem sido menos explorada, mas a utilização deste tipo de dados tem vindo a aumentar nos últimos anos. Na última década, Carnahan e Larson (1990) usaram a banda do infravermelho térmico do Landsat TM para observar, a uma mesoescala, as diferenças da temperatura entre áreas urbanas e rurais em Indianapolis, enquanto Nichol (1994) a utilizou para monitorizar o microclima para algumas propriedades em Singapura.

Outra abordagem, corresponde à observação de imagens nocturnas (Doll et al, 2000; Elvidge et al, 1997; Sutton, 1997). No entanto, estas apenas fornecem informação útil a uma resolução máxima de 1 km², a qual é demasiado lata para avaliar a variabilidade inter-cidade. Por outro lado, as áreas urbanas estão saturadas de brilho, tornando impossível calcular as diferenças intra-urbanas. No entanto, esta informação tende a tornar-se mais precisa no futuro próximo, à medida que forem aumento as suas potenciais utilizações. Por agora, optou-se por não utilizar nenhuma informação referente a emissões de calor e/ou imagens nocturnas na elaboração do gradiente urbano.

Os índices de vegetação (IV) derivados de imagens de satélite (Jensen, 2000), os descritores do solo ou os rácios de bandas são utilizados várias vezes, como fonte de

informação, para aceder a um gradiente urbano (Figura 3). O facto do tipo de solo poder influenciar os IV, especialmente em áreas com baixa taxa de cobertura, ou por outro lado, a vegetação natural poder esconder ou alterar significativamente a resposta espectral do solo, torna difícil o desenvolvimento separado de índices de solo e vegetação. Parece mais natural e promissor, utilizar técnicas de decomposição espectral dedicada, como as de separabilidade espectral, para derivar este tipo de informação apenas num passo.

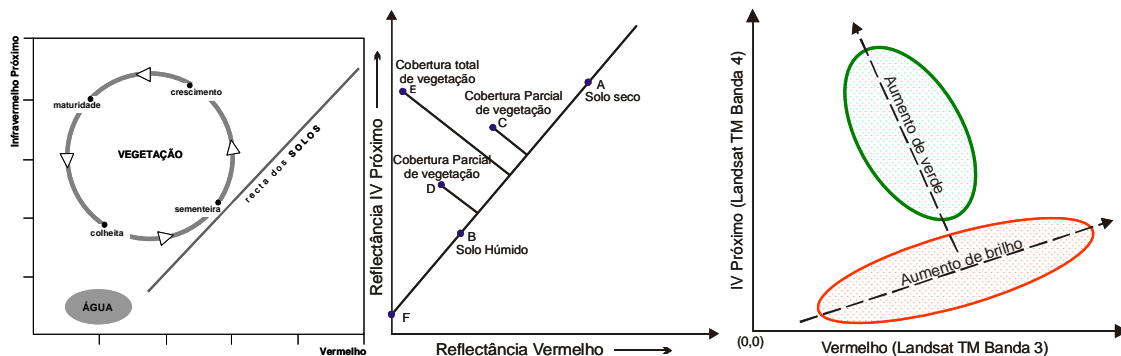


Figura 3 – Métodos de distinção entre solos e vegetação

As imagens de satélite foram analisadas através desta técnica (decomposição espectral) seguindo metodologias já testadas com sucesso (Weeks, 2003; Rashed e tal, 2001; Tenedório e tal, 2004). Foi utilizado o modelo VIS (Vegetação, Impermeabilizado, Solo) de Ridd (1995) para orientar a análise de mistura espectral das imagens multiespectrais de média resolução (Landsat TM e ETM+) correspondentes à Área Metropolitana de Lisboa, para os anos de 1985, 1997 e 2001, de forma similar aos métodos utilizados em Brisbane, Austrália (Phinn et al, 2002) e Columbus, Ohio (Wu e Murray, 2003).

Adicionaram-se mais dois componentes ao modelo físico de Ridd – sombra/água (Figura 4) – dando seguimento a estudos que indicam que a introdução destes componentes melhoram o desempenho do modelo fora dos Estados Unidos (Ward, Phinn e Murray, 2000). A análise de mistura espectral permite uma classificação flexível (*soft*) de um pixel na sua percentagem provável de cada um dos quatro componentes. O somatório dessas frações em todos os *pixels* fornece a medida compósita da fracção (a abundância proporcional) da área que é coberta por cada um dos quatro tipos de ocupação do solo. Esta análise fornece uma forma quantitativa de descrever o ambiente natural e construído. A soma de todas as quatro classes de ocupação do solo é pois igual à unidade.

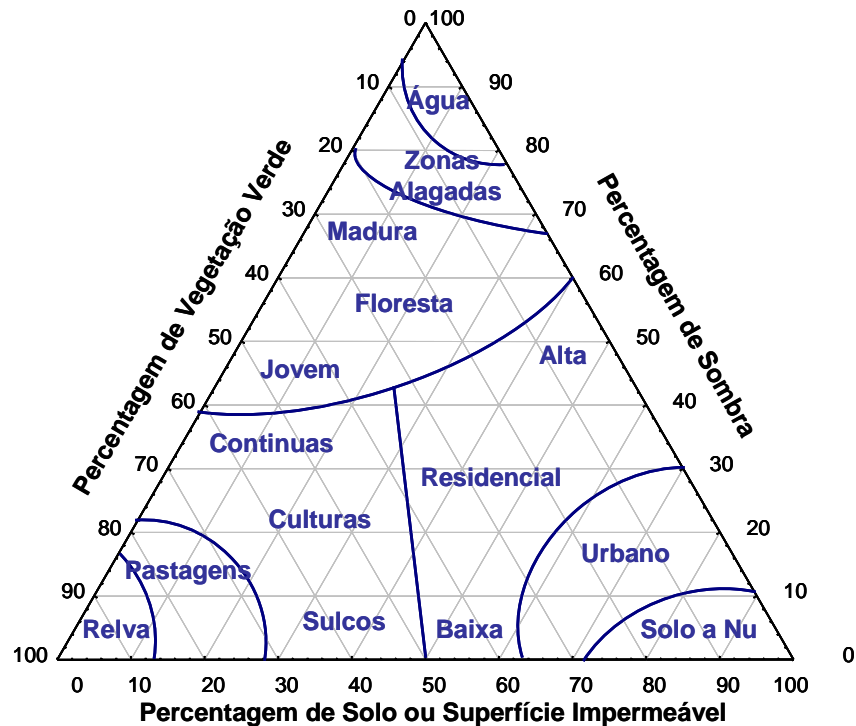


Figura 4 – Modelo da paisagem urbana de Lu-Weng. Adaptado de Lu e Weng (2004)

3.3 Como combinar as variáveis?

A selecção das variáveis de classificação de ocupação do solo é especialmente crucial neste tipo de análise porque seria ideal que as imagens permitissem avaliar o grau de urbanidade sem ser necessário recorrer a qualquer outro tipo de informação.

O modelo de Ridd sugere que a proporção de superfície impermeabilizada deve ser o indicador mais importante de um lugar urbano, da perspectiva, é claro, do ambiente construído. Por outro lado, o solo a nu é relacionado com o desenvolvimento, ou seja a terraplanagem do solo como preparação para a urbanização (Ridd 1995). Assim, a percentagem de solo em combinação com a percentagem de superfície impermeabilizada devem constituir um índice razoável do ambiente construído. Existem ainda indicações (Lu e Weng, 2004) de que a fracção de sombra em combinação com a superfície impermeabilizada oferece uma medida adicional de urbanidade. Deste modo, optou-se por utilizar o gradiente desenvolvido por Weeks (2003):

$$\text{Gradiente Urbano} = \left[\text{Impermeável} + \left(2\sqrt{\text{Solo}} \right) + \left(2\sqrt{\text{Sombra}} \right) \right] \times 100 \quad (1)$$

Ao utilizar uma medida quantitativa que permite a comparação entre diferentes lugares e datas, tem-se a possibilidade de comparar regiões com base num índice que varia entre o zero absoluto (verde) e um limite superior flexível (permitindo a possibilidade de evolução dos lugares urbanos). A Figura 5 mostra os resultados obtidos pelo gradiente urbano para os anos de 1985 e 1997, sendo particularmente evidente o forte decréscimo, que ocorreu nesses 12 anos, das zonas verdes em detrimento da superfície impermeabilizada e do solo a nu. Neste caso particular a proporção de pixels com um valor de gradiente situado entre os 75 e 99 (áreas fortemente urbaizadas) passou de 0,03 em 1985 (máximo de 1) para 0,38 em 1997, indicando uma forte pressão urbana sobre os recursos naturais e reforçando a ideia da necessidade de preservação desses mesmos recursos.

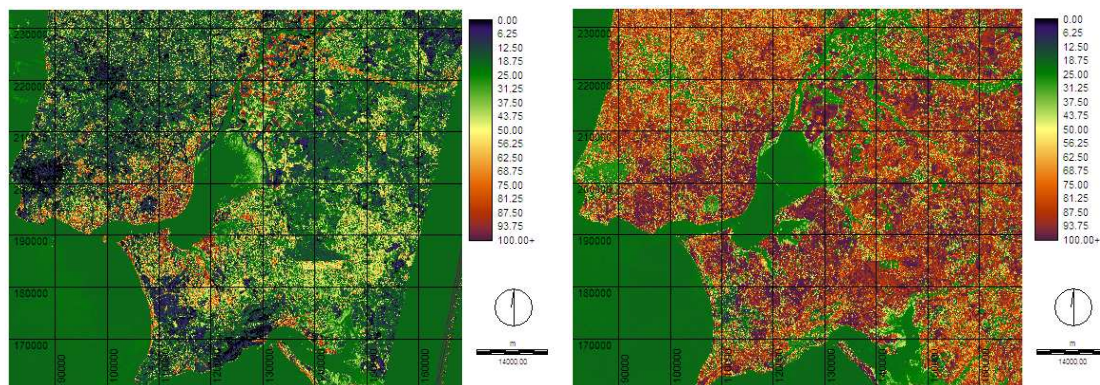


Figura 5 – Gradiente urbano para 1985 (esquerda) e 1997 (direita)

Entre 1997 e 2000 (Figura 6) a situação manteve-se estável, indicando que o crescimento urbano se efectuou em áreas impermeabilizadas ou terraplanadas até 1997. Embora esta situação possa indicar um estagnamento do crescimento urbano, a situação não deixa de ser preocupante, tornando premente a tomada de medidas que visem a protecção dos espaços verdes.

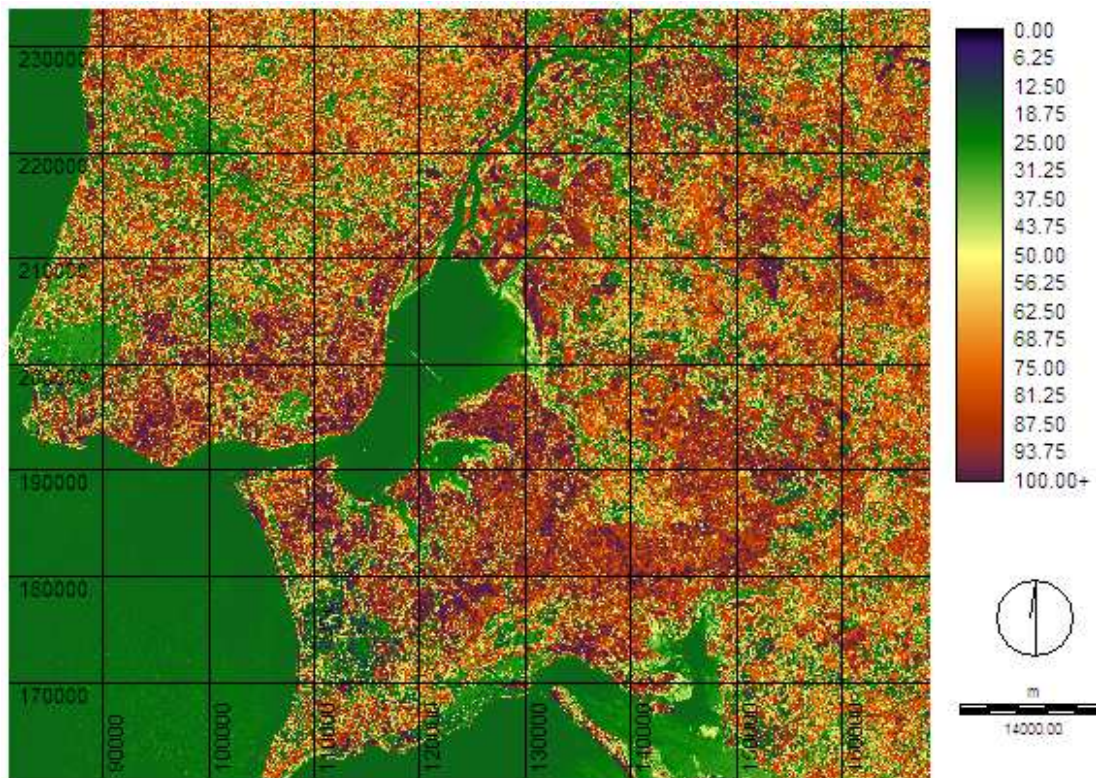


Figura 6 – Gradiente urbano para 2000

4. Conclusões

As paisagens urbanas são complexas e muitas vezes difíceis de classificar. A criação de um gradiente urbano baseado em dados orbitais apresenta a vantagem de providenciar uma forma relativamente acessível de modelar e compreender as alterações na franja urbana-rural. Nas zonas rurais, permite capturar a localização e extensão das alterações que ocorrem à medida que estas zonas tomam uma natureza mais urbana. Nos locais urbanos a mudança pode ser mais subtil, sem contudo ser menos importante para os habitantes de determinada região. Dentro da área urbana em si, a variabilidade da urbanidade pode estar especialmente relacionada com a modificação do ambiente, enquanto nas áreas rurais será mais provavelmente uma função da actividade económica do que uma consequência imediata da modificação do ambiente.

A questão da escala pode ser colocada neste contexto uma vez que as áreas rurais e urbanas não possuem uma área total equitativa. No entanto, uma análise discriminatória, incidindo apenas sobre determinadas cidades (Lisboa e Setúbal), não produziu resultados significativamente diferentes daqueles produzidos para toda a região (Área Metropolitana de Lisboa). Esta questão poderá ganhar novo interesse se a aplicação do gradiente se fizer

sobre imagens de grande resolução espacial ($\leq 1\text{m}$) ao invés das imagens Landsat de média resolução utilizadas (30m).

A utilização de dados orbitais para a criação do gradiente constitui claramente uma mais valia. Efectivamente, quase todas as tentativas anteriores de definir a urbanidade ignoraram o aspecto mais óbvio dos espaços urbanos – o ambiente construído, e paralelamente aspecto mais óbvio dos espaços rurais – a falta de ambiente construído. As imagens de satélite permitem detectar uma cidade do espaço e quantificar o conhecimento que os nossos olhos nos transmitem sobre o que está a ocorrer no solo. O gradiente urbano utilizado indexa as características dos locais e não das pessoas, mas estas últimas são em instância final o objecto de interesse. Considerando que a vida social varia com a urbanidade, então o gradiente oferece uma forma de quantificar essa influência. Também permitirá em futuros estudos calcular a percentagem de população a viver em diversos níveis de urbanização.

A utilização do gradiente permite melhorar a associação estatística entre o nível de urbanização e outros indicadores. Actualmente a urbanização não é considerada um indicador tão fiável como poderia ser, devido à forma limitativa como o ambiente urbano é definido. Foi tentado, através do exemplo de aplicação à Área Metropolitana de Lisboa, sugerir aspectos em que a aplicação do gradiente possa melhorar a compreensão dos locais urbanos. Ao fazê-lo, apenas se aflorou levemente a questão, sendo óbvio que esta metodologia carece de futura discussão, desenvolvimento e refinamento.

7. Bibliografia

Alperovich, G. e J. Deutsch. 2000. "Urban Non-Residential Density Functions: Testing for the Appropriateness of the Exponential Function Using a Generalized Box-Cox Transformation Function." *Annals of Regional Science* 34:553-568.

Bayat, A e E. Denis. 2000. "Who is Afraid of Ashwaiyyat? Urban Change and Politics in Egypt." *Environment and Urbanization* 12:185-199.

Berry, K.A., N.L. Markee, N. Fowler, e G.R. Giewat. 2000. "Interpreting What is Rural and Urban for Western U.S. Counties." *Professional Geographer* 52:93-105.

Champion, A. G. 1989. "Counterurbanization: The Conceptual and Methodological Challenge." in *Counterurbanization: The Changing Pace and Nature of Population Deconcentration*, edited by A. G. Champion. London: Edward Arnold.

Cox, W. 2003. "Demographia.", vol. 2003: Wendell Cox Consultancy.

- Cromartie, J. e L.L. Swanson. 1996. "Census Tracts More Precisely Define Rural Populations and Areas." *Rural Development Perspectives* 11:31-39.
- Doll, C N. H., J. Muller, e C. D. Elvidge. 2000. "Night-time Imagery as a Tool for Global Mapping of Socioeconomic Parameters and Greenhouse Gas Emissions." *Royal Swedish Academy of Sciences* 29:157-162.
- El-Batran, M. e C. Arandel. 1998. "A Shelter of Their Own: Informal Settlement Expansion in Greater Cairo and Government Responses." *Environment and Urbanization* 10:217-232.
- Elvidge, C. D., K. E. Baugh, E. A. Kihn, H. W. Kroehl, e E. R. Davis. 1997. "Mapping City Lights With Nighttime Data from the DMSP Operational Linescan System." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63:727-734.
- Fischer, C. 1984. *The Urban Experience, 2nd Edition*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich.
- Foresman, T. W., S.T.A. Pickett, e W.C. Zipperer. 1997. "Method for Spatial and Temporal Land Use and Land Cover Assessment for Urban Ecosystems and Application in the Greater Baltimore-Chesapeake Region." *Urban Ecosystems* 1:201-216.
- Frey, W. H. e Z. Zimmer. 1998. "Defining the City and Levels of Urbanization, Report No. 98-423 of the Population Studies Center." University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Garza, G. 2002. "The Transformation of the Urban System in Mexico." in *Paper prepared for the conference "New Forms of Urbanization: Conceptualizing and Measuring Human Settlement in the Twenty-first Century," organized by the IUSSP Working Group on Urbanization*. Bellagio, Italy.
- Goldschmidt, W. 1978. *As You Sow*. Glencoe, IL: Free Press.
- Hoggart, K. 1990. "Let's Do Away With Rural." *Journal of Rural Studies* 6:245-257.
- Hugo, G, A. G. Champion, e A. Lattes. 2003. "Towards a New Conceptualization of Settlement for Demography: Beyond the Urban/Rural Dichotomy." *Population and Development Review*.
- Jensen, J. R. e D. C. Cowen. 1999. "Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio-Economic Attributes." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65:611-624.
- Lo, C.P. 1995. "Automated population and dwelling unit estimation from high-resolution satellite images: a GIS approach." *International Journal of Remote Sensing* 16:17-34.
- Lu e Weng (2004) - Spectral Mixture Analysis of the Urban Landscape in Indianapolis City with Landsat ETM+ Imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*.

- McDade, T.W. e L.S. Adair. 2001. "Defining the "Urban" in Urbanization and Health: A Factor Analysis Approach." *Social Science and Medicine* 53:55-70.
- McDonnell, M.J. e S.T.A. Pickett. 1990. "Ecosystem Structure and Function Along Urban-Rural Gradients: An Unexploited Opportunity for Ecology." *Ecology* 71:1232-1237.
- Mesev, V. 1998. "The use of census data in urban image classification." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64:431-438.
- Moriconi-Ebrard, F. 1994. *Geopolis: Pour Comparer Les Villes du Monde*. Paris: Anthropos.
- Pahl, R.E. 1968. "The Rural-Urban Continuum." Pp. 263-305 in *Readings in Urban Sociology*, edited by R. E. Pahl. Oxford: Pergamon Press.
- Phinn, S.R., M. Stanford, P. Scarth, A.T. Murray, e P.T. Shyy. 2002. "Monitoring the composition of urban environments based on the vegetation-impervious surface-soil (VIS) model by subpixel analysis techniques." *International Journal of Remote Sensing* 23:4131-4153.
- Pumain, D. 2002. "An Evolutionary Approach to Settlement Systems." in Paper prepared for the conference "New Forms of Urbanization: Conceptualizing and Measuring Human Settlement in the Twenty-First Century," organized by the IUSSP Working Group on Urbanization. Bellagio, Italy.
- Rashed, T., J. R. Weeks, M. S. Gadalla, e A. G. Hill. 2001. "Revealing the Anatomy of Cities Through Spectral Mixture Analysis of Multispectral Imagery: A Case Study of the Greater Cairo Region, Egypt." *Geocarto International* 16:5-16.
- Ridd, M. 1995. "Exploring a V-I-S (Vegetation-Imperious Surface-Soil) Model or Urban Ecosystem Analysis Through Remote Sensing: Comparative Anatomy of Cities." *International Journal of Remote Sensing* 16:2165-2185.
- Smailes, A. E. 1966. *The Geography of Towns*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- Sutton, P. 1997. "Modeling population density with night-time satellite imagery and GIS." *Computing, Environment and Urban Systems* 21:227-244.
- Tacoli, C. 1998. "Rural-Urban Interactions: A Guide to the Literature." *Environment and Urbanization* 10:147-166.
- Tenedório, J A, J Rocha, S Encarnação e P M Sousa 2004. "Classificação de uso do solo urbano através da análise linear de mistura espectral em imagens de satélite", *Actas do IV Congresso Nacional de Geografia*, Guimarães.
- United Nations. 1996. *Demographic Yearbook 1994*. New York: United Nations.

United Nations. 2002. World Urbanization Prospects: The 2001 Revisions. New York: United Nations Population Division.

Ward, D., S.R. Phinn, e A.T. Murray. 2000. "Monitoring Growth in Rapidly Urbanizing Areas Using Remotely Sensed Data." *The Professional Geographer* 52:371-385.

Weeks, J. R. 2002. *Population: An Introduction to Concepts and Issues: 8th Edition.* Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.

Weeks, J. R.. 2003. "Using Remote Sensing and Geographic Information Systems to Identify the Underlying Properties of Urban Environments." in *New Forms of Urbanization: Conceptualizing and Measuring Human Settlement in the Twenty-first Century*, edited by A. G. Champion and G. Huge. London: Ashgate Publishing Limited.

Weeks, J. R., M. S. Gadalla, T. Rashed, J. Stanforth, e A. G. Hill. 2000. "Spatial Variability in Fertility in Menoufia, Egypt, Assessed Through the Application of Remote Sensing and GIS Technologies." *Environment and Planning A* 32:695-714.

Wirth, L. 1938. "Urbanism as a Way of Life." *American Journal of Sociology* 44.

Wu, C. e A. T. Murray. 2003. "Estimating Impervious Surface Distribution by Spectral Mixture Analysis." *Remote Sensing of Environment* 84:493-505.