

O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano

O exemplo de Coimbra (Portugal)

David Marques

Licenciado em Geografia
davidgeog985@hotmail.com

Nuno Ganho

Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT),
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra – Portugal
nganho@netvisão.pt

A.M. Rochette Cordeiro

Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT)
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra – Portugal
amrochette@pensarterritório.pt

Palavras – Chave: Clima local, climatopos, planeamento urbano, cidade de Coimbra.

Resumo:

Neste estudo, apresenta-se uma primeira tentativa de espacializar as orientações climáticas do território urbano do Município de Coimbra, vocacionadas preferencialmente para o ordenamento e para a concretização de uma crescente melhoria da qualidade ambiental dos municípios.

Assim, a evolução qualitativa dos estudos climáticos à escala local que se tem verificado nos últimos anos, tanto ao nível da definição dos climatopos, como ao nível da produção de cartografia temática, deve colocar a variável ambiental na charneira dos planos de ordenamento urbano, inclusivamente nos Planos Directores Municipais.

1 - Introdução

A procura de um ambiente urbano direccionado para uma melhor qualidade de vida dos cidadãos e uma maior eficiência energética, paradigma da utopia urbana de cidade

sustentável, deve colocar os estudos de climatologia urbana num elevado patamar no âmbito do planeamento e do ordenamento do território.

Inúmeros são os casos estudados, que têm demonstrado que à escala local e a curto/médio prazo, o ser humano ao transformar o seu suporte biogeofísico, modifica de forma efectiva o balanço radioactivo e energético dos espaços urbanos.

O acelerado processo de urbanização, muitas vezes desprovido de eficaz planeamento, tem originado vários impactes ambientais nos espaços urbanos, nomeadamente ao nível de um incremento da temperatura das superfícies e do ar (“Ilha de Calor Urbano”), assim como, uma degradação da qualidade do ar (FIGUEROLA e MAZZEO, 1998; GANHO, 1998; ARNFIELD, 2003; ALCOFORADO e ANDRADE, 2006; COLLIER, 2006; OKE, 2006) e alteração dos padrões de vento (LOPES, 2003).

Perante a crescente urbanização e concentração das actividades nas áreas urbanas, a complexidade e fragilidade deste território tem-se vindo a tornar evidente. Neste sentido, o caminho para uma melhoria da qualidade de vida dos cidadãos assim como uma maior eficiência energética, deve passar pela inclusão da temática ambiental nas estratégias de planeamento urbano e ordenamento do território (MILLS, 2006).

Com este estudo, pretendeu-se avaliar em primeira análise, o impacte do espaço construído e da morfologia da cidade de Coimbra no clima local, através do estudo do campo térmico da atmosfera urbana inferior em comparação com os campos térmicos dos espaços peri-urbanos e rurais, e num segundo momento, definir um conjunto de unidades de características relativamente homogéneas (climatopos), numa lógica de se propor algumas orientações climáticas espacializadas.

1. Área de Estudo

A cidade de Coimbra, situada no sector Centro Litoral de Portugal, com uma latitude de 40°12' Norte e uma longitude de 08° 25' Oeste (Figura 1), desenvolve-se no contacto entre duas das principais unidades morfo-estruturais do território português: a Orla Meso-Cenozóica Ocidental e o Maciço Hespérico, pelo que apresenta, por esse facto, um contexto geológico e geomorfológico muito particular.

Do ponto de vista morfológico, a intensa fracturação e a acção modeladora do rio Mondego, assumem-se como os elementos fundamentais na definição do espaço físico.

No sector oriental do espaço urbano, e a marcar a separação clara entre as duas unidades morfo-estruturais, ergue-se ao longo da falha Porto - Tomar e com uma clara estrutura de *horst* em escadaria, o Maciço Marginal de Coimbra.

Igualmente de génese estrutural, destaca-se a rigidez do traçado de vários vales, nomeadamente o Vale da Ribeira de Coselhas (NE-SW), Eiras (E-W) e o Vale do Rio dos Fornos em Souselas (NE-SW).

No sector central, a morfologia acidentada dá lugar a colinas e cumeadas de topo aplanado densamente urbanizadas, sendo que no sector meridional do espaço urbano da margem direita do Mondego, é a forma deprimida do meandro abandonado da Arregaça de urbanização recente, que marca definitivamente a morfologia aplanada de todo este sector (REBELO, 1985; GANHO, 1998; CORDEIRO, 2004).

Já do ponto de vista climático, Coimbra corresponde em termos macroclimáticos ao domínio mediterrâneo, enquanto que numa análise à escala mesoclimática, e segundo a classificação de FERREIRA (2005), para as regiões climáticas de Portugal continental, o território municipal integra a região climática de influência atlântica, onde, em ano médio P/ETP é excedentário, sendo deste modo, nitidamente influenciado pela relativa proximidade do Oceano Atlântico e, modificado localmente a Este, pelo Maciço Marginal de Coimbra e no sector central pelo rio Mondego e pelo seu plano aluvial, assim como, pelas próprias características da morfologia urbana.

Com uma população residente no ano de 2001, de cerca 150 000 habitantes, dos quais cerca de 2/3 habitam as suas freguesias urbanas, o Município de Coimbra possui no entanto, uma população utente de cerca de 200 000 habitantes, observando-se que o crescimento demográfico no último meio século foi na ordem de 50 000 habitantes ao qual acresce os milhares de residentes que anualmente se deslocam para a cidade por motivos escolares. Neste quadro de crescimento demográfico assistiu-se assim, na segunda metade do século XX, e em especial após a década de 80, a uma pressão antrópica e à conseqüente urbanização, que tem vindo a aumentar de forma significativa, em particular nos sectores Sul e Leste da margem direita do rio Mondego, sendo a área do Calhabé-Solum, o melhor exemplo da crescente urbanização da cidade, com mudanças radicais na impermeabilização da superfície, destacando-se neste

contexto a construção de novos espaços residenciais e comerciais de dimensões significativas.

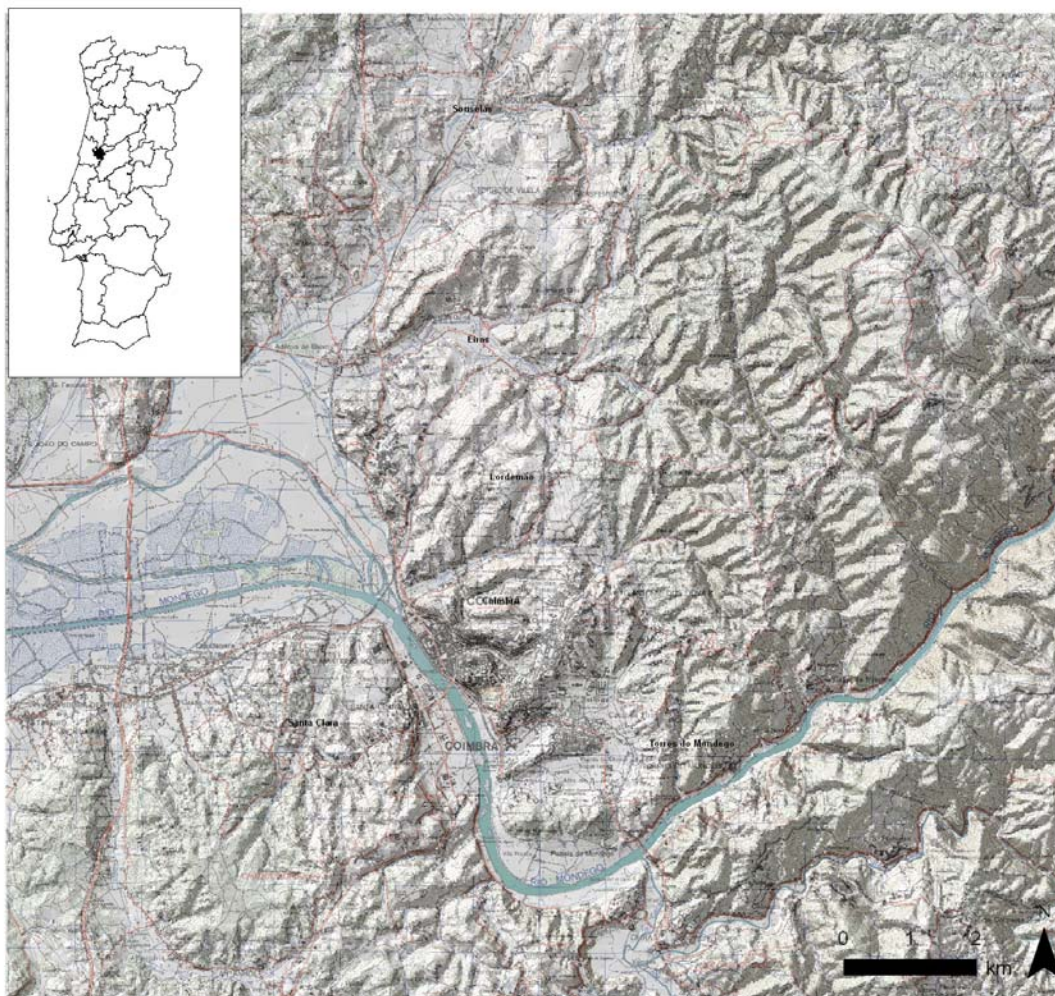


Figura 1 – Esboço de enquadramento geográfico da cidade de Coimbra

2. Metodologia

2.1. Rede de *data loggers* fixos

Com o objectivo de serem monitorizados contrastes térmicos espaciais, tanto em meio urbano, como também nos sectores peri-urbano e rural, recorreu-se à instalação de uma rede de *data loggers* fixos¹ (Figura 2).

¹Instalados segundo, as normas da Organização Mundial de Meteorologia, neste estudo foram utilizados termógrafos *Tinytag Plus 2* (TGP-4017/TGP- 4020).

Sondas	Características urbanas do sítio	Características da vegetação do sítio
F. Borges	Área comercial; Núcleo histórico; Densidade urbana elevada (4pisos); Morfologia urbana típica de um “canhão urbano” (ocultação de horizonte significativa);	Ausência de Vegetação;
Solum	Área residencial e comercial recente (sector meridional da cidade); Densidade urbana elevada;	Existência de alguns logradouros com vegetação arbórea;
Botânico	Jardim Botânico, inserido na malha urbana;	Jardim Botânico, inserido na malha urbana;
Bencanta	Planície aluvial do Mondego; Espaço peri-urbano;	Vegetação sub - arbustiva; baixa impermeabilização;
Souselas	Bacia de Souselas, espaço com características rurais;	Vegetação arbustiva e arbórea

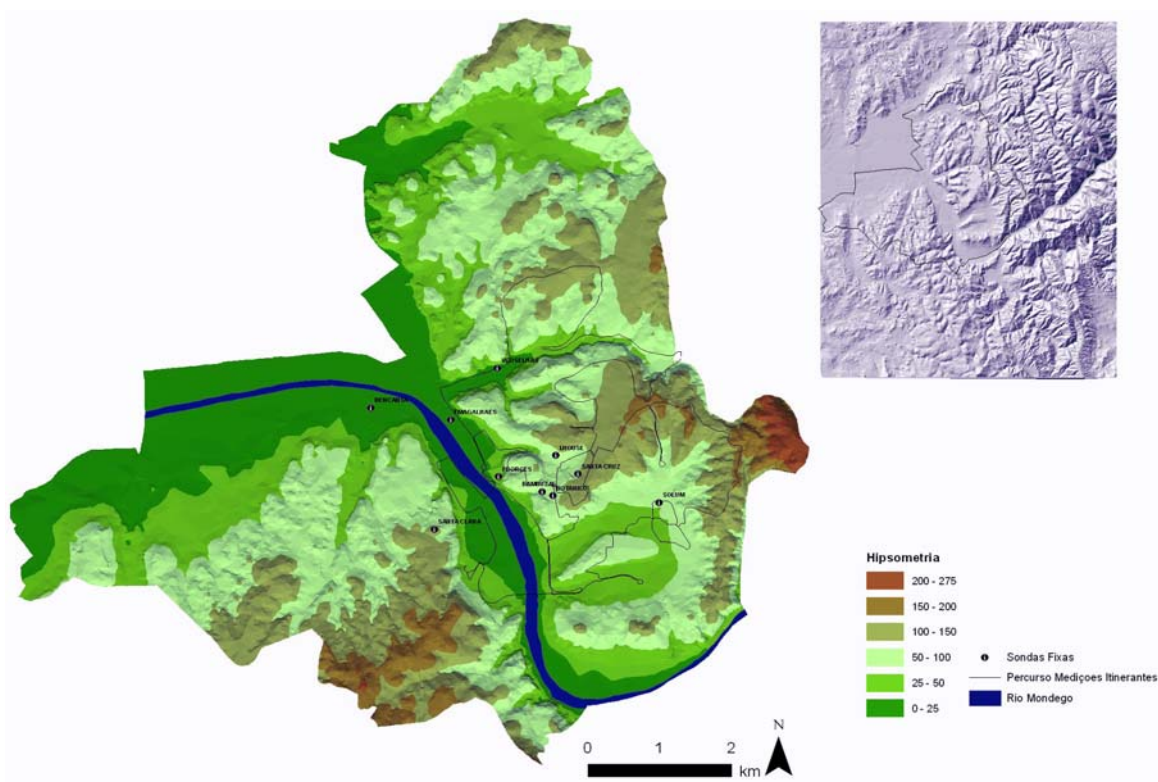


Figura 2 – Contextualização das sondas fixas e do percurso itinerante no contexto topográfico do espaço urbano de Coimbra

4.2 Medições Itinerantes de Automóvel

Em simultâneo, desenvolveu-se todo um conjunto de observações itinerantes numa perspectiva do estudo da distribuição espacial do campo térmico da atmosfera urbana inferior (Figura 2), com base na metodologia seguida nos estudos realizados por GANHO (1998) e mais recentemente DIAS (2007).

O período de análise decorreu entre Novembro de 2007 e Agosto de 2008, tendo sido realizados um total de 24 observações itinerantes de automóvel, durante as quais, se tentou evitar a interferência de factores exógenos. No entanto, optou-se por utilizar como referência um ponto de registo exterior aos percursos realizados em espaço urbano, escolheu-se, para tal, a sonda localizada a cerca de 7 km a Norte da cidade, em Souselas, permitindo assim, definir as anomalias térmicas relativamente ao espaço rural.

5.1 Resultados dos Registadores Fixos

5.1.1 Manifestação da Ilha de Calor nos registos de temperatura máxima e mínima

Relativamente aos dados obtidos nos registadores fixos, procuraram relacionar-se as observações dos 3 termógrafos localizados na cidade de Coimbra, com as sondas localizadas em meio peri-urbano (Bencanta) e rural (Souselas).

A análise dos registos de temperatura mínima ao longo do mês de Março de 2008 (Figura 3), permitem identificar importantes contrastes térmicos espaciais à escala local, e de certa forma, revelar o impacte da urbanização da cidade de Coimbra na modificação do Clima.

Durante o período nocturno, verificou-se que as sondas representativas das áreas da cidade com um índice elevado de construção, nomeadamente FBORGES e SOLUM, foram as que apresentaram temperaturas mínimas superiores, comprovando assim, o excedente térmico que as caracteriza e o contributo da Ilha de Calor Urbano na atenuação das mesmas. Representativa de um espaço verde inserida na malha urbana, o comportamento da sonda BOTÂNICO, denota de forma evidente um maior arrefecimento nocturno dos espaços verdes, relativamente às áreas urbanizadas envolventes, assumindo-se neste sentido, como uma importante “célula de frescura” no conjunto da aglomeração urbana.

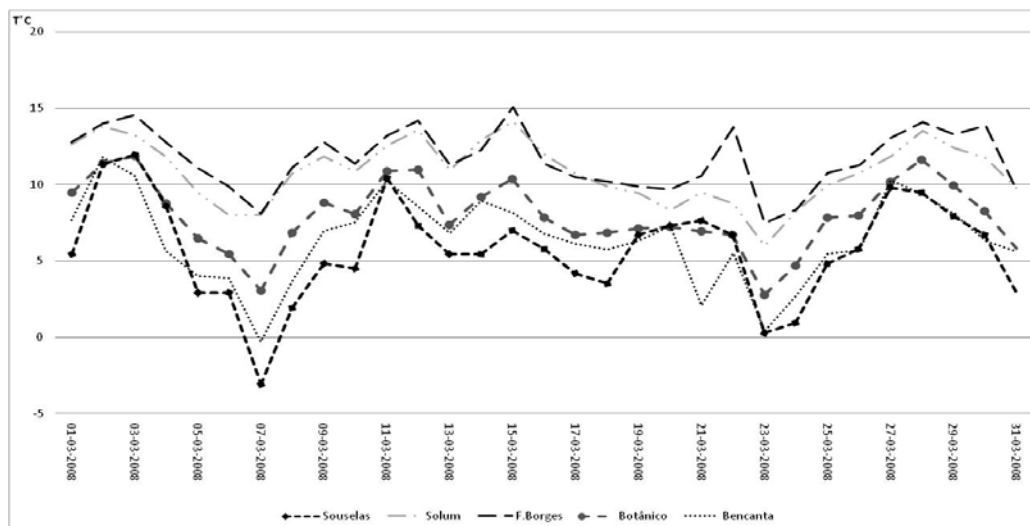


Figura 3 – Registos de Temperatura Mínima.

Por seu turno, com um comportamento térmico distinto face ao espaço urbano, as sondas representativas dos espaços peri-urbano e rural, apresentam registos significativamente inferiores de temperatura mínima, principalmente na Bacia de Souselas, onde se verificaram mesmo -3°C e $-0,3^{\circ}\text{C}$ em BENCANTA no dia 7/03/2008, ao passo que, nas sondas FBORGES e SOLUM, os termógrafos registaram 8°C de temperatura mínima, apresentando assim nestes sectores do espaço urbano uma anomalia térmica positiva de 11°C , o que à escala local se apresenta como bastante significativo.

Este facto, e especialmente durante o Inverno, contribui para a diminuição do consumo de energia destinada ao aquecimento das habitações, principalmente nas áreas urbanas condizentes com os núcleos de maior intensidade da ICU.

Já, na Bacia de Souselas e no contexto do Município de Coimbra, o risco significativo de desconforto bioclimático deve ser tido em linha de conta, principalmente em noites de intenso arrefecimento nocturno, com circulações preferencialmente do quadrante de Leste e Norte, alertando-se neste sentido, à importância de uma correcta eficiência energética e adaptação climática do edificado, de forma a diminuírem-se os consumos energéticos.

Relacionando-se a intensa drenagem e acumulação de ar frio neste sector topograficamente deprimido, com a localização de uma importante cimenteira em

Souselas, este facto parece acarretar problemas de degradação da qualidade do ar particularmente durante o período nocturno, tendo em consideração as importantes inversões térmicas que aí ocorrem, dificultando deste modo, uma correcta ventilação e renovação do ar.

Quanto à análise dos registos de temperatura máxima (Figura 4), os contrastes térmicos atenuam-se, chegando mesmo a verificar-se em determinados dias, a manifestação de uma “ilha de frescura” em espaço urbano relativamente ao espaço rural, com a sonda SOUSELAS a registar os valores mais elevados, seguida da sonda FBORGES.

Por outro lado, quando se compara com o espaço peri-urbano (BENCANTA), o espaço urbano apresenta registos de temperatura máxima superiores, o que indica não mais do que, uma situação de “ilha de calor”, embora esta apresente uma maior intensidade durante o período nocturno.

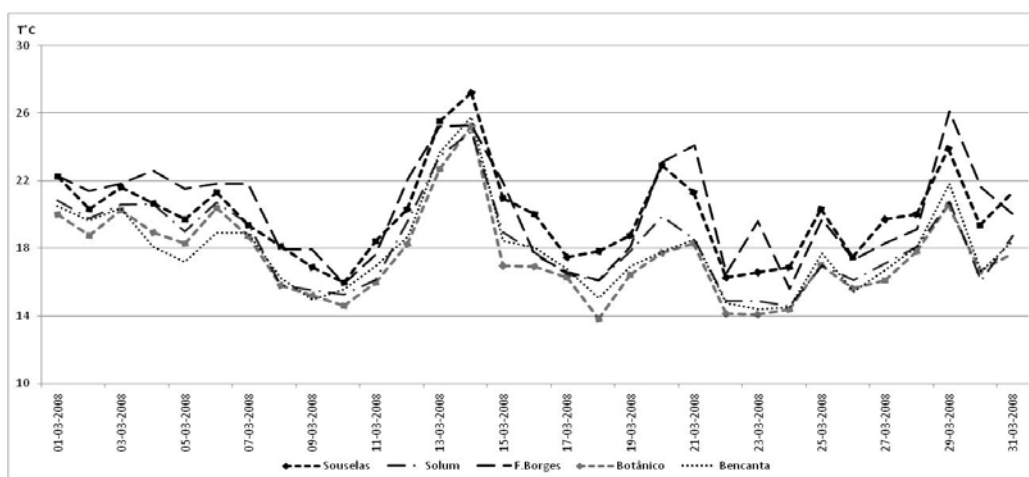


Figura 4 – Registos de Temperatura Máxima.

Com base na Figura 4, deve ser ainda referida a importância dos espaços verdes arbóreos, numa melhoria do conforto bioclimático, na medida em que, se apresentam importantes na mitigação da ICU.

5.1.2 Taxas de aquecimento ou arrefecimento horário

As taxas de aquecimento ou arrefecimento horário ($\Delta T/\Delta t$), ditam a variação diurna da intensidade e forma da ICU, como consequência das diferentes propriedades de

absorptância e emitância dos materiais que compõem os espaços urbanos, face aos espaços não urbanizados.

Neste sentido, consideraram-se as taxas de aquecimento e arrefecimento horário em algumas sondas localizadas em meio urbano, assim como as sondas relativas ao Planalto de Santa Clara e à Bacia de Souselas, durante o Inverno de 2008, preferencialmente em dias de estabilidade atmosférica.

A partir da análise da Figura 5, verifica-se que a partir das 15h o arrefecimento se generaliza em todas as sondas, contudo a ritmos diferenciados, de onde se destacam as sondas localizadas na Bacia de Souselas, no Vale de Coselhas e no Planalto de Santa Clara, como as que apresentam taxas de arrefecimento superiores, registando mesmo o máximo de arrefecimento horário às 18h com uma taxa de $-2,5^{\circ}\text{C}$ em Souselas.

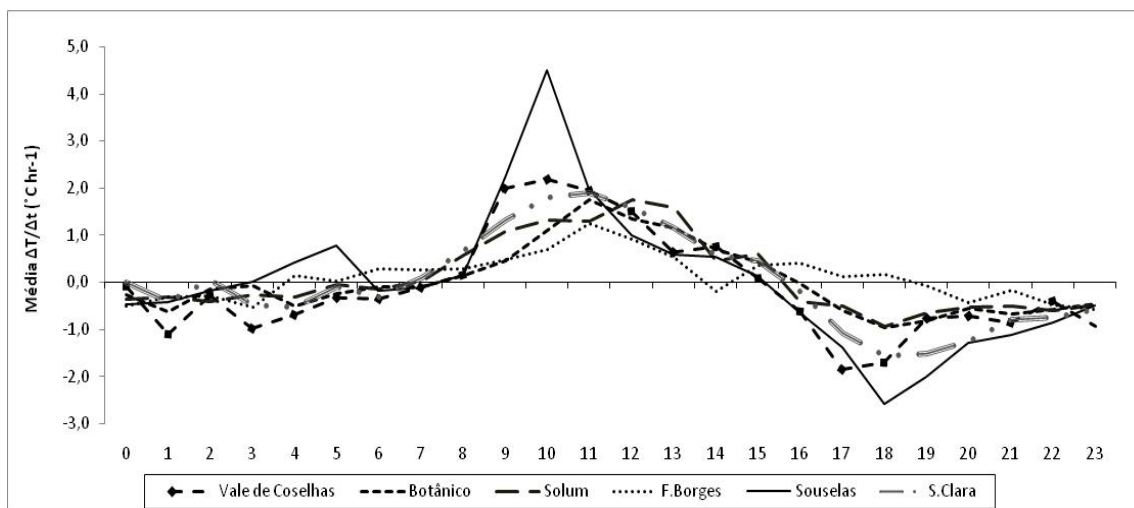


Figura 5 - Variação intradiurna das taxas de aquecimento/arrefecimento horário

Por seu turno, a sonda da F. Borges é, a que apresenta uma menor taxa de arrefecimento horário, o que se reflecte de forma directa na intensificação das anomalias térmicas positivas, relativamente aos restantes espaços da aglomeração urbana, mas principalmente em relação ao espaço peri-urbano e rural.

Durante a madrugada, as taxas de arrefecimento apresentam um comportamento mais homogéneo, destacando-se neste período, taxas de arrefecimento mais elevadas no Vale de Coselhas (sector setentrional da cidade), mesmo considerando Souselas, o que poderá indicar, uma formação mais lenta do lago de ar frio.

O início do aquecimento diurno inicia-se nos espaços urbanizados por volta das 7h, enquanto que, só a partir das 8h da manhã, se generaliza às restantes sondas representativas de áreas com menor densidade de construção, apresentando inclusive, taxas de aquecimento muito superiores, para as sondas de Souselas, Vale de Coselhas e Santa Clara.

Esta análise, demonstra as diferenças de comportamento térmico entre os espaços rurais, peri-urbanos e os espaços densamente urbanizados. Neste sentido, se ao espaço rural se associam taxas de arrefecimento superiores, as taxas de aquecimento são igualmente elevadas, o que demonstra a maior inércia térmica da cidade, com influência directa no balanço energético e consequentemente nos contrastes térmicos que os caracterizam.

5.2 Medições Itinerantes

5.2.1 Dinâmica espacial da “ilha de calor” - Polinucleada

Em termos de medições itinerantes, e já que o número de percursos foi significativo, o percurso realizado na noite de 12 de Dezembro de 2007, revelou-se como aquele que apresentava maiores contrastes térmicos espaciais, observando-se mesmo uma amplitude térmica de 9,7° C ao longo do percurso. Não só a forma, mas em particular a intensidade da ilha de calor urbana (ICU) tornou-se evidente, muito por força das condições de estabilidade atmosférica e da circulação de Este.

Tratava-se assim de um excelente exemplo das descontinuidades que caracterizam o campo térmico urbano, facto que levou a uma análise mais detalhada em torno das temperaturas reais verificadas em cada ponto de observação (com a sua devida normalização), já que nesta noite, estas descontinuidades térmicas intraurbanas eram por demais evidentes, assumindo a “ilha de calor” uma forma polinucleada (Figura 6 - ponto identificado com A).

As áreas com temperaturas superiores, correspondiam aos núcleos da ICU, centrando-se com maior intensidade na área de Celas, Av. Dias da Silva, Santo António dos Olivais (Cumeada de Celas), onde se verificaram temperaturas superiores a 9° C.

De igual modo toda a área da Solum, Bairro Norton de Matos, Vale das Flores (meandro abandonado da Arregaça) e inclusivé a ladeira do Chão do Bispo, representavam um outro núcleo da ICU, também com temperaturas relativamente

próximas dos 9°C. Mais individualizado ainda, encontrava-se o núcleo quente correspondente à Alta e Baixa da cidade, principalmente centrado na Rua da Sofia.

Por outro lado, verificou-se o efeito mitigador da ICU, por parte dos espaços verdes, surgindo bem demarcadas “células de frescura” no campo térmico, correspondendo à influência topoclimática dos espaços verdes relativamente aos espaços construídos envolventes, destacando-se a “ilha de frescura” de 2° C, localizada na Praça da República, na proximidade do Jardim Santa Cruz e no Jardim Botânico, embora aqui de menor intensidade dada a sua posição sobrelevada, com menos 1° C (Figura 6 – ponto identificado com B).

Ao longo da Av. António Portugal, nas proximidades da Quinta da Maia, aparece de forma explícita, a drenagem de ar frio que aí ocorre em noites anticiclónicas de intenso arrefecimento nocturno, coalescendo efectivamente com, a drenagem proveniente da Av. Elísio de Moura (Figura 6 - ponto identificado com B).

Por seu turno, no sector setentrional da cidade, ao longo do vale de Coselhas, verificava-se uma situação intensa de “lago de ar frio”, constatando-se no topo da cumeada, no início da Calçada do Gato, a temperatura de 8,8° C, sendo que, no fundo de vale, num desnível de cerca de 100 metros, registavam-se 0° C, diminuindo a intensidade do lago de ar frio com a aproximação à Casa do Sal.

Relativamente à colina de Lordemão (delimita a Norte o vale de Coselhas), as diferenças de temperatura em relação ao fundo do vale são claramente menores, registando-se 6° C na ARCA e 5,9° C no Bairro do Ingote, o que se explica pela ocupação urbana de menor densidade, tendo em conta que se encontram à mesma cota da “cumeada de Celas”.

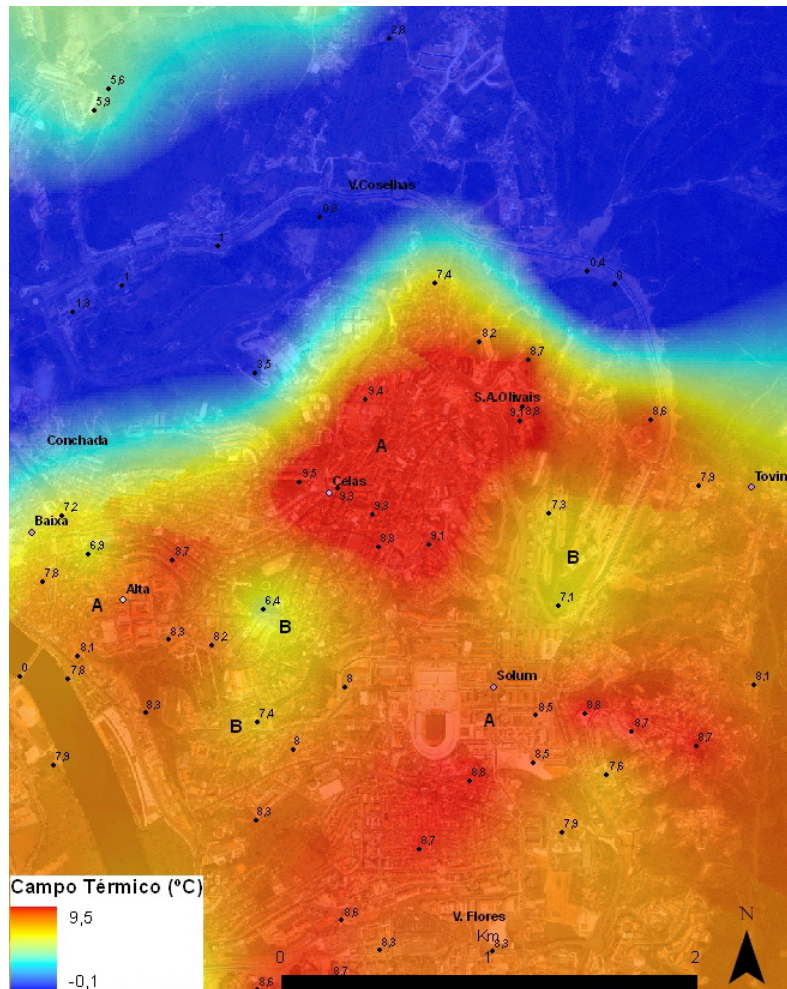


Figura 6 – Dinâmica espacial da ilha de calor na noite de 12/12/2007 (A- Núcleos da ICU; B- “Ilhas de Frescura”).

4.2.2 Evolução do campo médio de temperaturas da atmosfera urbana inferior durante o período noturno

O estudo da evolução do campo médio de temperaturas noturnas da cidade de Coimbra, assumindo em termos comparativos trabalhos realizados há cerca de uma

década (GANHO, 1998), parece mostrar um aumento da intensidade da “ilha de calor”, na área da Solum, expandindo no essencial para Sul.

A dinâmica espacial recente da “ilha de calor” parece assim evidenciar, as transformações ocorridas no sector meridional da cidade, nomeadamente com um aumento significativo da densidade de construção na zona Calhabé - Solum, o que associado à sua localização topograficamente deprimida e de abrigo, quanto aos ventos dominantes (diminuição da velocidade do vento e de capacidade dispersante), terá contribuído para um aumento do excedente térmico e mesmo para uma degradação da qualidade do ar neste sector da cidade.

Se a manutenção dos núcleos “quentes” da Alta, Baixa, Celas, Tovim, Chão do Bispo e Santo António, não oferece muitas dúvidas, por seu turno, ao longo da Av. Elísio de Moura e Av. António Portugal (Quinta São Jerónimo) parece verificar-se uma certa atenuação da drenagem e acumulação de ar frio, no seu sector mais deprimido. A questão dessas modificações poderá ser devido ao facto de se ter verificado na última década um significativo aumento do edificado bem como de um aumento do tráfego automóvel (Av. Elísio de Moura passou a integrar a nova circular externa).

Apesar de o vale de Coselhas não ter sido totalmente monitorizado por GANHO (1998) já que a referida circular externa que foi instalada nesses dois vales – Coselhas e Elísio de Moura é posterior, desde logo o considerou como um importante “lago de ar frio”, facto que foi agora comprovado, assumindo-se claramente como uma das áreas de maior risco ambiental do espaço urbano de Coimbra, quando da manifestação, por exemplo, de vagas de ar frio.

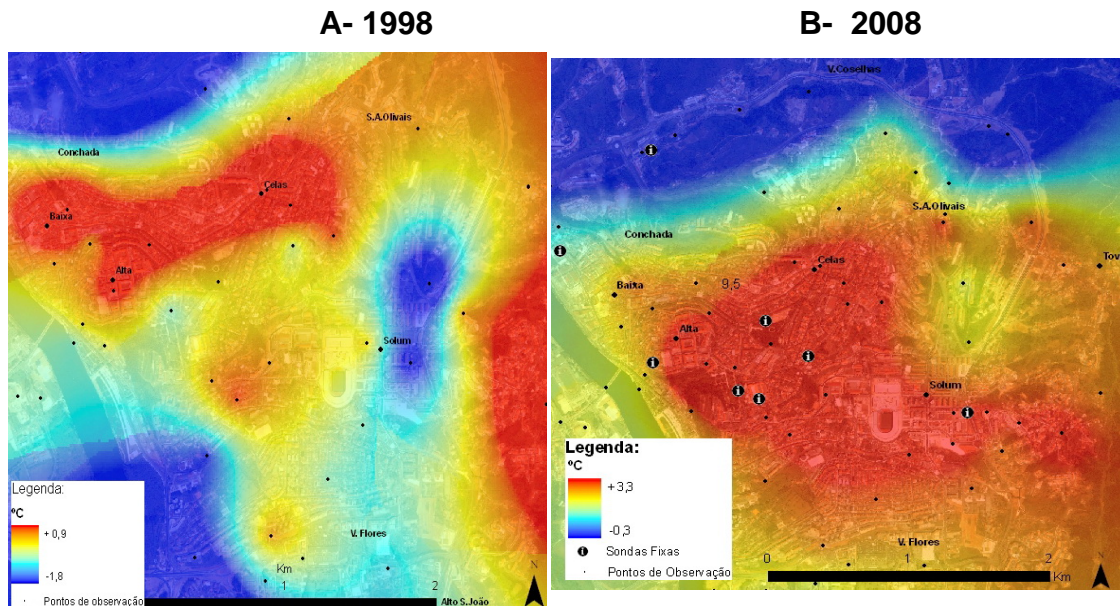


Figura 7 - A) Campo térmico médio nocturno em 1998 (Adaptado de GANHÓ, 1998); B) Campo térmico médio nocturno em 2008;

4.2.3. Campo termohigrométrico nocturno no espaço urbano, peri-urbano e rural

A Figura 8, representa o resultado de uma campanha de observação móvel, realizada no dia 21/04/2009 pelas 22 horas UTC perante condições de estabilidade atmosférica com circulação de NW, tendo como finalidade a monitorização do campo termohigrométrico nocturno de alguns sectores com características urbanas, peri-urbanas e rurais no Município de Coimbra.

Os resultados obtidos, vêm de encontro ao que tem vindo a ser referido, onde é possível identificar o núcleo principal da “Ilha de calor urbano” e consequentemente da “Ilha de secura” no espaço urbano (Cumeada de Celas, Av. Fernão Magalhães, Rua da Sofia), assim como, o seu núcleo secundário centrado na área da Solum, apresentando a ICU uma intensidade de cerca 3°C/4°C, face à Bacia de Souselas (espaço de características rurais), ao Planalto de Santa Clara (espaço peri-urbano) e à área da Portela (margem direita do rio Mondego) onde é evidente a influência do curso de água no campo termohigrométrico deste sector do espaço urbano que ainda apresenta um nível reduzido de urbanização.

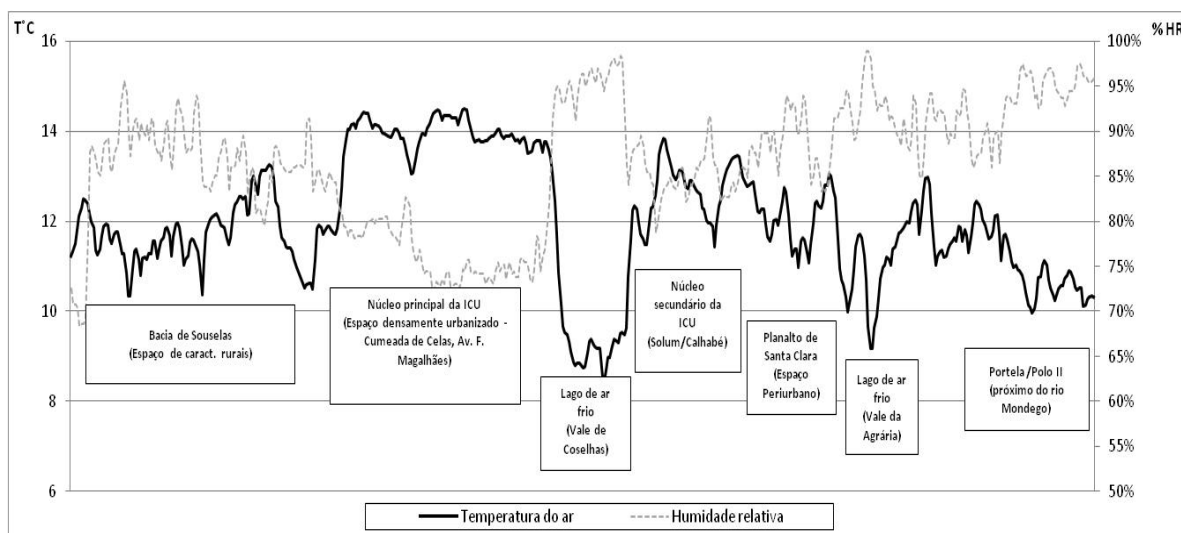


Figura 8 – Campanha móvel de observação do campo termohigrométrico nocturno no espaço urbano, peri-urbano e rural

Por seu turno, e principalmente ao longo do Vale de Coselhas, mas também ao longo do Vale da Escola Agrária (margem esquerda do Mondego) identifica-se a drenagem e acumulação de ar frio, originando nesses sectores a formação de “lagos de ar frio”, geradores de situações de desconforto bioclimático.

6 Orientações climáticas para o ordenamento urbano em Coimbra

Depois das etapas de compreensão do campo térmico da atmosfera urbana inferior da cidade de Coimbra, esta última etapa consiste na aplicação desses conhecimentos na definição de orientações climáticas definidas por ALCOFORADO *et. al.* (2005), como as “medidas que possam contribuir para mitigar ou melhorar as componentes do clima urbano”.

Deste modo, procurou-se em primeiro lugar definir áreas de resposta climática relativamente homogénea, para de seguida se apresentarem orientações climáticas para a cidade de Coimbra, tendo como referência, o trabalho desenvolvido tanto por ALCOFORADO *et. al.* (2005), como por GANHO (1998), na lógica da definição e caracterização dos climatopos para o sector urbano do Município.

Neste contexto uma abordagem preliminar aos climatopos da cidade de Coimbra, foi assumida, no essencial em função da topografia e da densidade urbana. Num território como o do espaço urbano de Coimbra, com um complexo contexto morfológico, quando se consideram as “unidades de relevo”, definiram-se simultaneamente as áreas de maior ou menor ventilação (classes de ventilação), assim como áreas de maior ou menor susceptibilidade à formação de “lagos de ar frio” nos sectores topograficamente deprimidos. Tomando como fronteira artificial o limite urbano, foram definidas “unidades de relevo”, considerando-se os fundos de vale, as áreas sobrelevadas, assim como as vertentes.

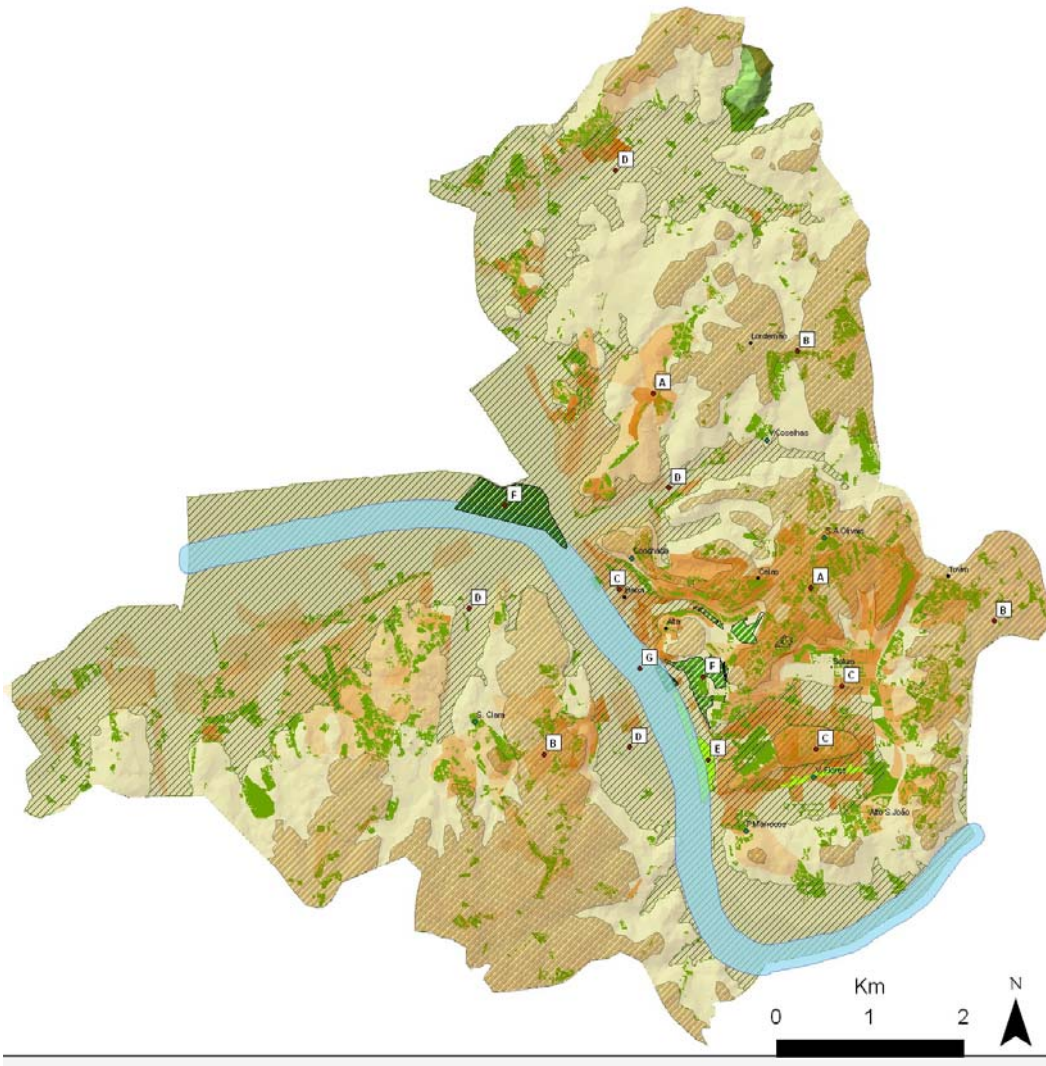
Associada às questões topográficas, e por associação às classes de ventilação, utilizou-se a ocupação urbana das subsecções do INE, a fim de se representar a densidade urbana, assim como foi efectuada uma correcção em termos de trabalho de campo. Para além destas variáveis, foram introduzidos outros níveis de análise, nomeadamente a influência do rio Mondego, com a definição da frente ribeirinha, assim como a importância dos espaços verdes no clima urbano, procedendo-se ainda à distinção entre os espaços verdes que possuem, ou não, cobertura arbórea, dado que a resposta climática (termohigrométrica) será forçosamente diferenciada.

Do cruzamento dos diferentes níveis de informação e com base no conhecimento do campo termohigrométrico de Coimbra, foram definidos sete grupos de climatopos, tendo como critérios principais a topografia e densidade da ocupação urbana (Quadro III).

Quadro III- Definição dos Climatopos

Grupo de Climatopos	Designação
A	Áreas Sobreelevadas com ocupação urbana de média e elevada densidade
B	Áreas Sobreelevadas com ocupação urbana de baixa densidade urbana
C	Fundos de Vale com ocupação urbana de média e elevada densidade
D	Fundos de Vale com ocupação urbana de baixa densidade
E	Espaços Verdes sem coberto arbóreo
F	Espaços Verdes com coberto arbóreo
G	Frente Ribeirinha

Tornou-se assim possível efectuar a análise ao comportamento térmico e aerodinâmico de cada climatopo, referindo-se as principais áreas do espaço urbano em que se enquadram e enunciando (Figura 9) o conjunto das principais características de cada uma delas (Quadro IV).



Legenda

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| • Climatopos | Baixa densidade urbana |
| Influência Ribeirinha (100m) | |
| Áreas Sobrelevadas | Média densidade urbana |
| Fundos de Vale | Elevada densidade urbana |
| Espaços Verdes (Sistema Misto) | |
| Espaços verdes sem coberto arbóreo | |
| Espaços Verdes arbóreos | |

Figura 9 - Mapa de Climatopos.

Climatopo	Principais áreas na cidade	Comportamento aerodinâmico	Comportamento Térmico
A	Alta, Celas, Sto António dos Olivais, Av. Dias da Silva, Conchada, Montes Claros, B. Norton de Matos;	Rugosidade média, boa ventilação, sendo algumas áreas propensas a ventos fortes;	“Ilha de calor” de intensidade máxima muito frequente, nas áreas de elevada densidade urbana, moderada onde o factor topográfico é superior ao urbano; ilha de secura.
B	Chão do Bispo, Lordemão, Planalto de Santa Clara;	Fraca redução da velocidade do vento; boa ventilação.	“Ilha de calor” de baixa intensidade, essencialmente de origem topográfica; ilha de secura.
C	Baixa, “Meandro Abandonado da Arregaça” (Solum).	Variável, consoante a orientação e o tipo de morfologia urbana; Corredor de ventilação ao longo da Av. Fernão de Magalhães; Rugosidade média.	“Ilha de calor” intensa, muito frequente; ilha de secura.
D	Vale de Coselhas, B. do Brinca/B.S.Miguel, Bencanta, Urb. Quinta das Lágrimas, Circular Interna, Rego do Bonfim	Áreas de canalização dos fluxos, drenagem e acumulação de ar frio, especialmente no Inverno;	Condições extremas, formação de lagos de ar frio. Desconforto Bioclimático.
E	Parque Verde, Corredor verde do Vale de Flores	Baixa rugosidade.	Semelhante aos espaços construídos; elevada humidade (desconforto bioclimático estival, principalmente no P. Verde).
F	Jardim Botânico, Parque Santa Cruz, Choupal, Mata do Geofísico, Parque Dr. Manuel Braga.	Média rugosidade, diminuição da velocidade do vento.	“Ilha de frescura” e humidade relativa elevada, muito frequente.
G	Margem Direita e Margem Esquerda do rio Mondego (100m).	Baixa rugosidade, importante corredor de ventilação da cidade;	Conforto bioclimático no Verão; Desconforto bioclimático no Inverno;

Quadro IV- Caracterização dos Climatopos

6.1 Orientações climáticas espacializadas

Com a identificação dos climatopos de Coimbra, tornou-se possível a apresentação de algumas medidas que possam vir a contribuir para uma melhoria da qualidade de vida dos seus municípios.

Nesse sentido, foram seguidos alguns dos objectivos que têm vindo a ser defendidos e que devem passar essencialmente por uma melhoria das condições de ventilação e qualidade do ar, assim como a mitigação da ilha de calor urbano e as suas consequências ambientais (FEHRENBACH *et al.* 2001).

Num quadro, e tomando como decisivos os diferentes parâmetros encontrados, avança-se com propostas de orientações climáticas especializadas para cada climatopo, sempre numa lógica de primeira abordagem de uma melhoria da qualidade do clima urbano (Quadro V).

Quadro V – Quadro - Resumo das Orientações Climáticas Especializadas

Climatopos	Orientações
A	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter uma razão H/W <1 nas construções urbanas; 2. Promover a criação de logradouros de vegetação, mas se possível, criar corredores de vegetação arbórea caducifólia; 3. Incentivar o aproveitamento das energias renováveis (eólica, solar), dadas as boas condições existentes; 4. Limitar a construção;
B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter uma razão H/W <1 nas construções urbanas, principalmente nas novas urbanizações planeadas para o Planalto de Santa Clara; 2. Promover a criação de logradouros de vegetação; 3. Incentivar o aproveitamento das energias renováveis (eólica, solar), dadas as boas condições existentes; 4. Utilizar materiais de construção de baixa condutividade (cores claras);
C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limitar a construção no “Meandro Abandonado da Arregaça”; 2. Manter uma razão H/W <1 nas construções urbanas e aumentar o albedo das superfícies urbanas; 3. Incentivar o aproveitamento da energia solar; 4. Promover a manutenção de corredores de ventilação; 5. Procurar diminuir o tráfego automóvel; 6. Aumentar e melhorar os espaços públicos abertos;
D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preservar os fundos de vale de novas construções; 2. Consciencializar as populações do desenvolvimento de desconforto térmico provocado pela formação de “lagos de ar frio”; 3. Promover uma maior eficiência energética dos edifícios;
E	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar a densidade de vegetação arbórea caducifólia e/ou sub-arbustiva, nas margens do Mondego;
F	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter os espaços verdes existentes;
G	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impedir a construção nas áreas marginais de edifícios altos, paralelos ao rio Mondego, mantendo-o como importante corredor de ventilação;

6. Considerações Finais

Mesmo tendo em linha de conta que este estudo se encontra numa fase preliminar de desenvolvimento, permitiu desde já concluir que, ao longo da última década, por um

lado, e muito por força de um significativo aumento da superfície construída, bem como das características da própria morfologia urbana, se observa uma modificação na forma da ICU, já que passou a polinucleada, bem como na sua intensificação, e por outro lado, a própria estrutura espacial do campo térmico urbano, nomeadamente na área da Solum e do Vale de Coselhas.

A aplicação dos SIG, também em climatologia urbana revelou-se fundamental para uma melhoria qualitativa desta, quando da aplicação à produção de cartografia temática destinada ao ordenamento do território, nomeadamente como importante “ferramenta” no processo de planeamento.

Neste sentido, julga-se ter sido realçada a importância destes estudos à escala local, para a definição de orientações climáticas espacializadas, vocacionadas preferencialmente para o planeamento urbano, numa lógica de cidade sustentável.

Bibliografia:

ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H. ; LOPES A.; VASCONCELOS, J. ; VIEIRA, R. (2005), *Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa*. Área de Investigação de Geo-Ecologia, Relatório n.º 4, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa 81 p.

ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H. (2006), Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts. *Theor. Appl. Climatol.* 84, 151-159.

ARNFIELD, A.J. (2003), Two decades of urban climate research: A review of turbulence. Exchanges of energy and water and the urban heat island. *Int. J. Climatol.* 23, Columbus - Ohio, pp. 1-26.

COLLIER, C.G. (2006), The impact of urban areas on weather. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 132, Reading, pp. 1-25.

CORDEIRO, A.M. Rochette (2004), Uma nova perspectiva de ordenamento do território para o Concelho de Coimbra: uma abordagem segundo a "filosofia" dos corredores verdes. *Cadernos de Geografia*, 21-23, Coimbra, pp. 67-78.

DIAS, C. (2007), O campo térmico de Coimbra. Seminário final de Licenciatura em Geografia Física. Coimbra, p. 80 (policopiado).

FERREIRA, D. de Brum (2005), O Ambiente Climático. Geografia de Portugal, vol.1 Ambiente Físico, dir. Carlos Alberto Medeiros, coord. António de Brum Ferreira, Círculo de Leitores, Lisboa.

FEHRENBACH, U. *et al.* (2001), Automated classification of planning objectives for the consideration of climate and air quality in urban and regional planning for the example of the region of Basel/Switzerland. *Atmospheric Environment*, vol. 35, number 32, Basel, pp. 5605-5615.

FIGUEROLA, P. e MAZEO, N. (1998), Urban-Rural differences in Bueno Aires. *Int. J. Climatol.* 18, Buenos Aires, 1709–1723.

GANHO, N. (1998), O Clima Urbano de Coimbra: estudo de climatologia local aplicada ao ordenamento urbano. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Coimbra, p.551.

LOPES, A. (2003), Modificações no Clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano, vento, ilha de Calor de superfície e balanço energético. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física. Lisboa. (ed.cd)

MARQUES, D. (2008), Clima urbano e ordenamento: O exemplo de Coimbra. Seminário final de Licenciatura em Geografia Física. Coimbra, p. 142 (policopiado).

MILLS, G. (2006), Progress toward sustainable settlements: a role for urban climatology. *Theor. Appl. Climatol.* 84, Viena, pp. 69 – 76.

REBELO, F. (1985), Nota sobre o conhecimento geomorfológico da área de Coimbra (Portugal). *Memórias e Notícias*, 100, Coimbra, pp. 193-202.

OKE, T.R. (2006), Towards better scientific communication in urban climate. *Theor. Appl. Climatol.* 84, Viena, pp. 179-190.