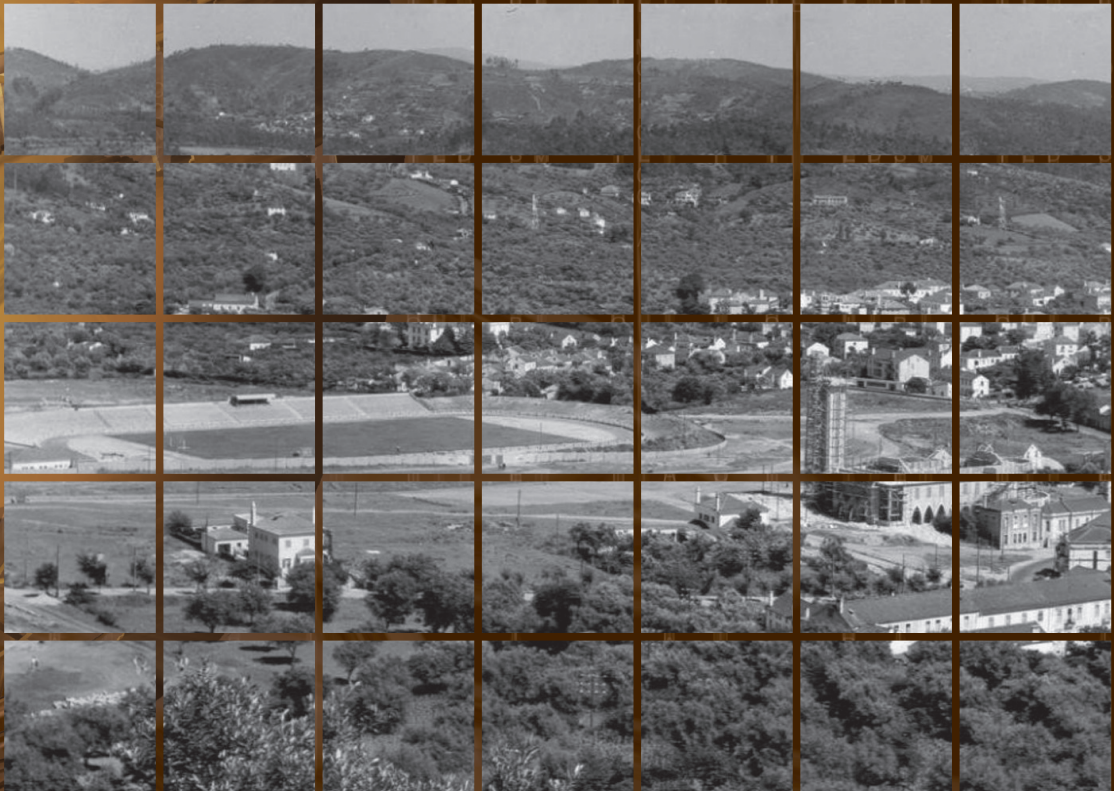


Departamento de Geografia
Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território

Cadernos de Geografia



Nº 30/31 - 2011/12

Faculdade de Letras | Universidade de Coimbra

Padrões termohigrométricos no espaço urbano e peri-urbano da Figueira da Foz (Portugal). A influência determinante dos tipos de tempo

David Marques

Bolseiro de Investigação da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
davidgeog985@hotmail.com

Nuno Ganho

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

A. M. Rochette Cordeiro

Departamento de Geografia e Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
rochetecordeiro@fl.uc.pt

Resumo:

Neste artigo, discute-se a influência determinante de diferentes tipos de tempo na estrutura térmica vertical da baixa troposfera, bem como as suas implicações na magnitude e no padrão dos contrastes termohigrométricos espaciais, numa cidade de média dimensão, localizada na faixa costeira ocidental da Península Ibérica (Figueira da Foz, Portugal).

Palavras-Chave: Laboratório de Monitorização Ambiental. Sustentabilidade Urbana. Figueira da Foz.

Résumé:

Modèles thermohygrométriques en milieu urbain et l'espace périurbain de Figueira da Foz (Portugal). L'influence décisive de les types de temps.

Cet article traite de l'influence des différents types de temps dans la structure thermique verticale de la basse troposphère, ainsi que leurs implications sur l'intensité et le modèle de spatiales thermohygrométriques contrastes, dans une ville de taille moyenne situé sur la côte ouest de la Péninsule Ibérique (Figueira da Foz, Portugal).

Mots-Clés: Laboratoire de Surveillance de L'Environnement. Durabilité Urbaine. Figueira da Foz.

Abstract:

Thermohygrometric patterns in urban and peri-urban areas in Figueira da Foz (Portugal). The decisive influence of the weather types.

In this article we discuss the influence of different weather types in the vertical thermal structure of the lower troposphere, as well as their implications for the magnitude and spatial thermohygrometric contrasts in a medium-sized city located on the west coast of the Iberian Peninsula (Figueira da Foz, Portugal).

Keywords: Laboratory of Environmental Monitoring. Urban Sustainability. Figueira da Foz.

1. Introdução

Inúmeros estudos de Climatologia Urbana têm demonstrado que o fenómeno de urbanização e o “crescimento” das cidades é paradigmático dos efeitos antrópicos capazes de modificar por completo as características climáticas das áreas urbanas (FERREIRA, 2005).

Uma das principais consequências climáticas decorrentes da modificação do balanço energético em meio urbano, traduz-se, tridimensionalmente, sob a forma de uma «ilha» de calor urbano. A sua intensidade máxima (ΔT_{u-r}) é, assim, definida pela diferença entre o valor mais elevado de temperatura registado no centro da cidade e a temperatura registada, em igual momento, nos espaços rurais envolventes.

Uma vez que se trata de um sub-sistema climático complexo, são, por isso, vários os fatores que contribuem para a magnitude e a estrutura das ilhas de calor urbano. De facto, ao longo das últimas três décadas, a investigação nesta área científica da Climatologia, para além de ter confirmado muitas das generalizações empíricas sistematizadas e amplamente divulgadas por OKE (1982; 1987), indicam, de certo modo, a existência de um padrão quanto aos principais factores que influenciam as características do clima urbano, de uma forma geral, e das ilhas de calor, em particular.

Neste sentido, as ilhas de calor são mais frequentes durante a noite e registam maior intensidade poucas horas após o pôr-do-sol (UNWIN, 1980; ADEBAYO, 1987; ALCOFORADO, 1992; JAUREGUI, 1997; GANHO, 1998; MONTÁVEZ *et al.* 2000), verificando-se, em determinados casos, um “desaparecimento” da ilha de calor durante o dia, passando, por sua vez, os espaços urbanos a apresentarem-se com temperaturas inferiores relativamente aos espaços rurais envolventes, definindo-se, assim, o que habitualmente se designa por “ilha de frescura” ou “ilha de calor negativa”. Para tal concorrem vários fatores, nomeadamente:

- uma diminuição significativa da radiação global recebida na cidade;
- a quantidade de energia armazenada no solo e nos edifícios e posteriormente restituída à atmosfera;
- o efeito de sombra originado pela volumetria da cidade;
- a existência de espaços verdes de grandes dimensões ou a proximidade a importantes massas aquáticas, que neste caso, é responsável pelo desenvolvimento de um importante sistema de brisas, responsável por uma diminuição das temperaturas máximas no período quente

do ano, como, aliás, se verifica com maior intensidade nas cidades localizadas ao longo da faixa costeira ocidental da Península Ibérica.

Contudo as condições mais favoráveis ao desenvolvimento e intensificação das ilhas de calor encontram-se associadas a situações de estabilidade atmosférica - vento fraco ou calma atmosférica e céu limpo ou pouco nublado (OKE, 1987; CHOW e ROTH, 2006), o que demonstra a influência decisiva das condições meteorológicas de escala sinóptica e regional na intensidade deste fenómeno de escala local.

Do mesmo modo, a topografia (GOLDREICH, 1981), a morfologia urbana e a dimensão da cidade (OKE, 1987), são factores que modificam e determinam a magnitude da ilha de calor. Especialmente na sua interação com as condições meteorológicas. Tendo como referência estudos desenvolvidos em cidades portuguesas, nomeadamente Lisboa (ALCOFORADO, 1992; ANDRADE, 2003; LOPES, 2003) e Coimbra (GANHO, 1998; MARQUES *et al.*, 2008), os resultados indicam que os principais contrastes termohigrométricos identificados se encontram associados a determinados rumos e velocidades de vento moderadas, na dependência da topografia, estando assim as características do campo termohigrométrico fortemente dependentes dos “tipos de tempo”¹.

De forma mais específica, no caso de Coimbra, que apresenta, em termos médios, uma ilha de calor com uma intensidade de 1.5°C, perante circulações do quadrante Leste os contrastes termohigrométricos são extremos, com valores tão elevados como 10/11°C de temperatura do ar e 50% de humidade relativa (GANHO, 1998).

Segundo GANHO (2010) “a explicação está no efeito da intervenção, espacialmente selectiva dos fluxos de Leste, acelerados, aquecidos e exsiccados por subsidência catabática ao longo das vertentes ocidentais do Maciço Marginal”. A magnitude destes contrastes, que nada têm a ver com a intervenção urbana no campo termohigrométrico local, não é mais do que o resultado conjugado da influência dos tipos de tempo com a morfologia regional e local do terreno, ao que se acrescenta, em determinados casos, situações de abrigo impostas pela morfologia urbana.

É neste contexto que o presente artigo apresenta como propósito a identificação e análise dos fatores as-

¹ N. GANHO (2001: 53) define tipo de tempo como a “combinação de elementos climáticos (insolação, nebulosidade, temperatura, humidade, vento, precipitação, etc.), num dado momento, determinada por certas condições sinópticas regionais (campos de pressão atmosférica e de fluxos, massas de ar e sua estrutura e dinâmica verticais, perturbações atmosféricas, etc.), que, por sua vez determinam e condicionam a repartição e contrastes espaciais locais de variáveis climáticas (campos termohigrométricos e de precipitação, circulação do ar)”.

sociados aos principais contrastes termohigrométricos no espaço urbano e peri-urbano da Figueira da Foz.

2. Enquadramento e Breve Caracterização da Área de Estudo

Cidade de média dimensão no contexto nacional, com cerca de 30 000 habitantes, a Figueira da Foz localiza-se na faixa ocidental da Península Ibérica ($40^{\circ}09'30''N$ e $8^{\circ}51'35''O$), mais propriamente no litoral da Região Centro de Portugal Continental (NUT II), o que torna o “jogo” entre os sistemas atmosfera - oceano - superfície terrestre (este último modificado pela cidade) um fator de grande complexidade na dinâmica do clima local.

Inserida num quadro físico particular, “desenhado” pela proximidade do Oceano Atlântico e do estuário do Mondego, mas também pela Serra da Boa Viagem e Alhadas, a cidade da Figueira da Foz desenvolve-se *grossa modo* entre o sopé da vertente Sul da Serra da Boa Viagem, que apresenta uma direcção, sensivelmente, WNW-ESE (culmina aos 257 metros), e o estuário do rio Mondego.

Tanto a Norte como a Sul desta barreira orográfica, que “corta” o território concelhio, domina a platitude por extensas superfícies de baixas altitudes (inferiores a 50 metros), quer seja pelo plano aluvial do Mondego, quer pela planície litoral, ou ainda, pelos baixos planaltos, quase todos arenosos ou cascalhentos (REBELO *et al.*, 1990).

Em termos mesoclimáticos, a Figueira da Foz apresenta um clima de tipo mediterrâneo, modificado localmente pela presença do Oceano Atlântico e do estuário do rio Mondego, pela topografia algo acidentada quando analisada a uma escala de pormenor, e também pelas modificações induzidas pela urbanização.

Deste modo, o clima mediterrâneo apresenta aqui uma feição oceânica mais marcada e que basicamente se deve à influência oceânica no balanço energético das áreas costeiras. Isto traduz-se, de uma forma geral, em fracas amplitudes térmicas, na ausência de geada no Inverno, na mitigação de ondas de calor no Verão, na humidade relativa do ar elevada ao longo de todo o ano, com bancos de nevoeiros de advecção persistentes no Verão até ao final da manhã e no regime de ventos de NO ou N (“nortada”) à tarde. Por sua vez, no Inverno, recebem o mais forte embate das tempestades.

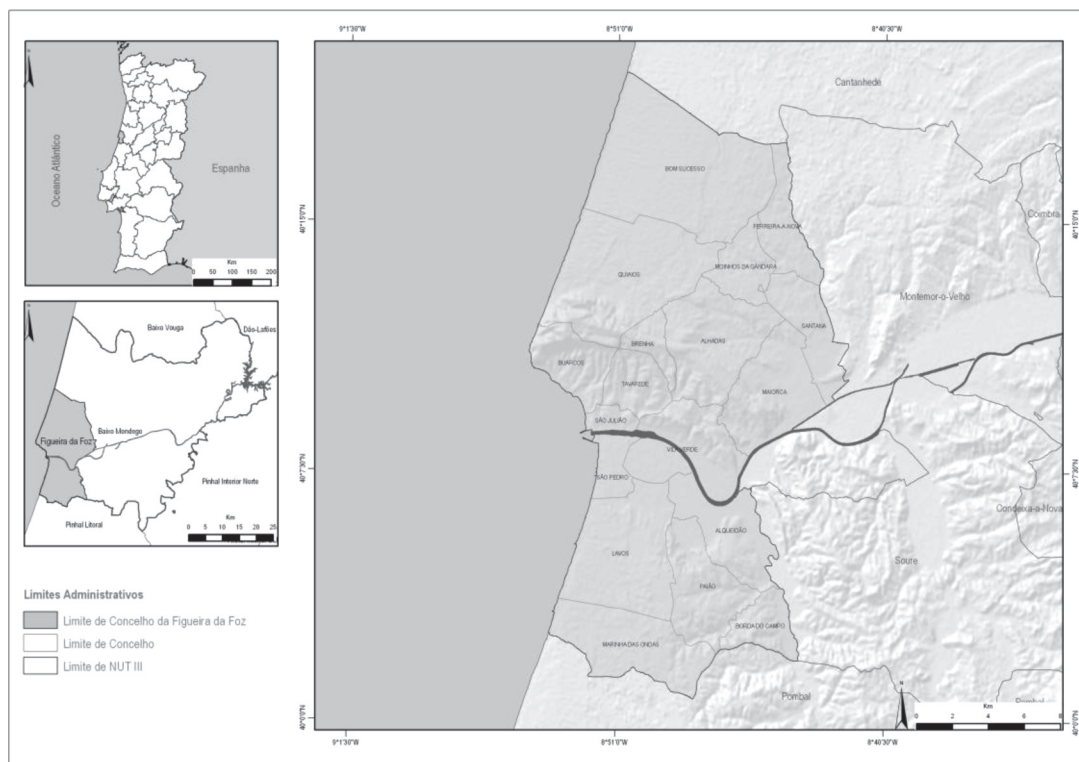


Figura 1
Enquadramento Territorial da Figueira da Foz.

tades frontais e dos ventos fortes e húmidos (FERREIRA, 2005).

Significativamente influenciado pelo oceano, este funciona como um importante regulador térmico (baixas amplitudes térmicas), sendo que, em comparação com as áreas do interior do território nacional, os invernos apresentam-se menos rigorosos, onde o mês mais frio atinge, excepcionalmente, os 10°C de temperatura média e o período estival regista temperaturas moderadas, verificando-se que a temperatura média do mês mais quente raramente atinge valores superiores a 22°C.

Esta área enquadra-se, assim, numa vasta região onde se observam verões frescos a moderados, com temperaturas máximas de 25° C, embora deva ser de assinalar que a temperatura do ar pode, por vezes, atingir ou mesmo ultrapassar, os 35° C nos meses mais quentes (Julho e Agosto). É também durante os meses de Verão que se observa a estação seca, com valores de precipitação muito baixos, e que raramente ultrapassam os 20 mm. Já no período de inverno o frio é mitigado, apresentando, em termos médios, 2 a 10 dias com temperaturas mínimas inferiores a 0° C.

Relativamente aos ventos dominantes, e tratando-se de um local particularmente ventoso, os rumos de onde o vento sopra com maior frequência são essencialmente Norte, Noroeste e Oeste, respetivamente, especialmente nos meses de Verão (regime de "nortada").

3. Metodologia

Para a análise dos contrastes termohigrométricos à superfície, adotou-se uma metodologia baseada na realização de campanhas de observação itinerantes de recolha de dados em 39 locais de observação, previamente definidos ao longo de um percurso fixo realizado de automóvel (Figura 2). Em função da complexidade que caracteriza este subsistema climático, a escolha de cada local onde as leituras eram efetuadas e registadas, teve em consideração os principais fatores que, do ponto de vista teórico, influenciam o comportamento das variáveis meteorológicas à escala topoclimática, nomeadamente, as características da morfologia urbana, a topografia e a proximidade a massas aquáticas.

Todas as campanhas de observação tinham o início e o seu *terminus* no mesmo local (Av. Saraiva de Carvalho, local nº38)², obtendo-se, assim, desvios posi-

tivos ou negativos para cada ponto relativamente ao local de referência, procedendo-se posteriormente à representação cartográfica das variáveis estudadas em ambiente SIG (ARC GIS 9.3), tendo-se aplicado o método de interpolação determinístico *spline*.

De forma complementar e em simultâneo, procedeu-se à instalação de quatro termógrafos em abrigo, localizados em diferentes contextos topoclimáticos do espaço urbano e não urbano envolvente da Figueira da Foz, com a finalidade de se monitorizarem os contrastes existentes entre a cidade e o campo, assim como, apreender a influência oceânica.

4. Resultados

4.1. Campo termohigrométrico médio

Antes de se abordar de forma mais pormenorizada a fisionomia e intensidade do campo termohigrométrico sob diferentes tipos de tempo, determinados por fatores de escala sinóptica, apresentam-se, em primeiro lugar, os padrões termohigrométricos médios decorrentes das observações itinerantes realizadas e complementadas pelos dados da rede de termógrafos.

4.1.1. Observações diurnas

Relativamente ao campo termohigrométrico médio característico das tardes de Verão³, verifica-se que os principais contrastes termohigrométricos espaciais são determinados pelas situações de abrigo ou de exposição de cada local relativamente aos ventos de Norte e Noroeste (regime de *Nortada*), os quais são responsáveis pela advecção de uma massa de ar fresca e húmida que determina uma diminuição nítida dos valores de temperatura máxima na baixa atmosfera das áreas litorais.

Deste modo, os locais mais "frescos" neste período do ano correspondem, naturalmente, a toda a faixa costeira e aos locais de maior altitude e arborizados da Serra da Boa Viagem, apresentando, em termos médios, uma célula de "frescura e humidade" com desvios de temperatura do ar de -1.2°C e de 3.5% de humidade relativa do ar.

Por sua vez, o núcleo urbano antigo (Bairro Velho) que fica sob efeito de abrigo da brisa marítima, apresenta um desvio médio de 0.9°C. Os desvios superiores, na ordem de 1.6°C, verificam-se no sector que se pode considerar como peri-urbano, a Leste da cidade, e que se deve fundamentalmente à sua distância relativamente à

² Este ponto de observação localizava-se na margem direita do Mondego, a Leste da cidade em espaço de características peri-urbanas e a cerca de 3 km's do Oceano Atlântico.

³ O campo termohigrométrico médio diurno surge como o resultado de cinco campanhas de observação realizadas de Junho a Setembro de 2011 entre as 12h e as 16h.

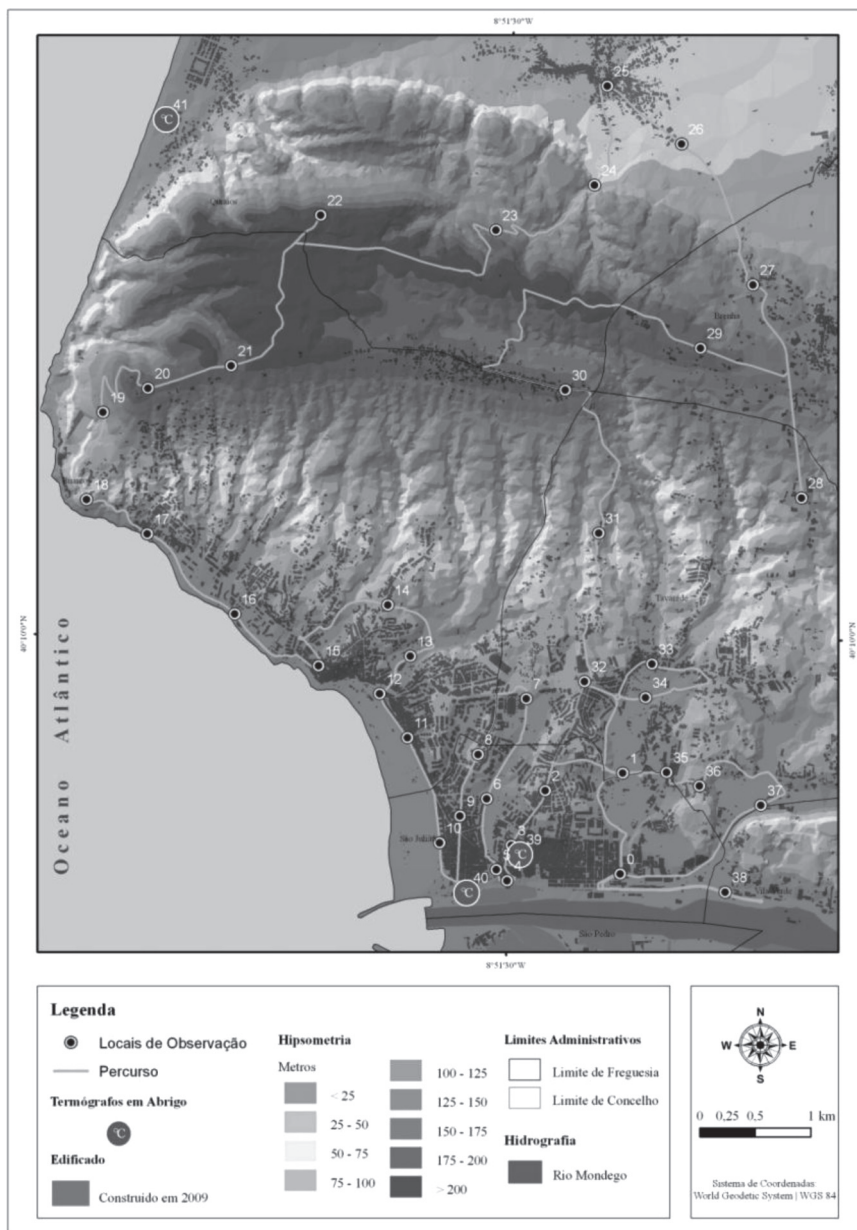


Figura 2
Contextualização dos locais de observação.

linha de costa, verificando-se, deste modo, uma rápida degradação da brisa marítima para o interior.

Ao analisar-se o campo médio de vento nas tardes de Verão, constata-se que os locais expostos às brisas marítimas e por isso mais ventosos, de uma forma geral, coincidem com a célula de “frescura e humidade” identificada, com velocidades médias ligeiramente superiores a 4m/s. Nos cimões da Serra, onde predomina vegetação de tipo herbáceo e arbustivo, a velocidade

média é de 4.2m/s, enquanto no sector arborizado é nítida a diminuição da velocidade média do vento (2.9m/s), o que, em anterior estudo, ALMEIDA (1995) havia já verificado.

Por seu turno e devido ao aumento da força de atrito no espaço urbano, a velocidade do vento, ao nível da atmosfera urbana inferior, apresenta uma redução sensível, identificando-se algumas descontinuidades espaciais da circulação local do ar, determinadas

pelas características da morfologia urbana, nomeadamente ao nível da orientação das ruas e da densidade de construção. Com velocidades médias em torno dos 2.5m/s, alguns locais destacam-se por uma redução mais acentuada da velocidade do vento, sendo disso exemplo o núcleo antigo de Buarcos (local nº15), onde a malha urbana é bastante densa e, por isso, a velocidade média do vento menor (1.4m/s).

Em função da orientação de algumas das principais artérias da cidade, *grosso modo* W-E, a análise dos valores da velocidade do vento indicam uma “canaliza-

ção” preferencial da brisa marítima ao longo destes corredores de ventilação, fundamentais para a amenização do ambiente térmico no espaço urbano exposto a estes fluxos, destacando-se uma velocidade média de 3.5m/s ao longo da Av. Dr. Mário Soares (local nº13) e de 2.9m/s nas Avenidas Dr. Francisco Sá Carneiro (local nº34) e Amália Rodrigues (local nº1).

4.1.2. Observações noturnas

Relativamente ao campo térmico médio noturno no período estival, os contrastes térmicos são na ordem

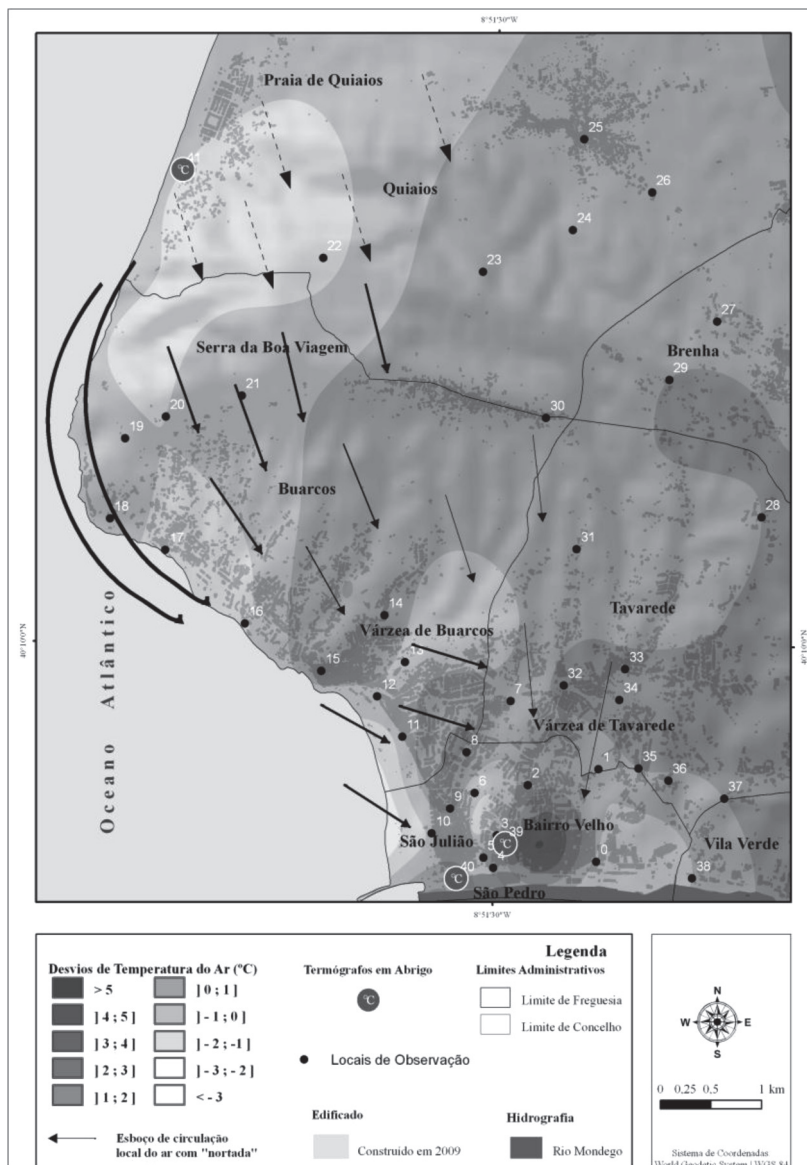


Figura 3
Campo térmico médio diurno.

dos 4°C. No espaço urbano, as principais descontinuidades térmicas identificadas, encontram-se associadas à morfologia urbana, nomeadamente, à existência de espaços verdes ou áreas que, apesar de próximas da cidade e à mesma altitude, não se encontram urbanizadas e, desse modo, apresentam um balanço energético idêntico ao dos espaços rurais.

Nesta época do ano, o campo térmico noturno no espaço urbano apresenta um núcleo “quente” localizado nos “Bairros Velho e Novo” (locais da cidade com coeficientes de oclusão do horizonte mais significativos), com uma intensidade máxima de 1.4°C, prolongando-se ao longo da faixa atlântica, embora com desvios térmicos de menor intensidade. No entanto, é nos cimos da Serra da Boa Viagem que o núcleo quente de maior intensidade (de origem topográfica e dinâmica) se define, com uma magnitude de 1.7°C, suplantando o efeito termohigrométrico urbano no clima local, o qual é claramente atenuado pelos valores elevados de humidade relativa do ar motivados pela “invasão”, frequente, da atmosfera urbana inferior por ar marítimo fresco e húmido.

Associada a uma estratificação térmica vertical das massas de ar, a cidade, por se desenvolver no sopé da vertente meridional da Serra da Boa Viagem e Alhadadas, a cotas inferiores a 50 metros, fica frequentemente “submersa” numa massa de ar marítimo que, porque mais fresca e portanto, de maior densidade, se acumula nos locais topograficamente deprimidos, como nos fundos de vale de Tavadede, Buarcos e Carritos. Este facto, associado a fluxos catabáticos, conduz à formação de pequenos “lagos de ar frio” nesses mesmos locais.

Estes processos de produção e drenagem de ar frio, embora de maior magnitude em noites de acentuado arrefecimento noturno, mesmo no período de Verão, são particularmente evidentes e intensos ao longo da vertente setentrional da Serra da Boa Viagem (de declives acentuados), destacando-se no seu sopé a formação do principal “lago de ar frio” da área de estudo, o “lago de ar frio” de Quiaios. Em termos médios, apresenta uma intensidade de -2.6°C (local nº24), prolongando-se ao longo da base da vertente, verificando-se uma relação direta entre os comandos de vertente e a intensidade do “lago de ar frio”, uma vez que este perde intensidade para Leste.

Quanto ao campo higrométrico e tendo em consideração a relação inversa existente entre a temperatura e a humidade relativa do ar, aos núcleos “quentes” identificados no campo térmico correspondem os principais núcleos de “secura”. Deste modo, as áreas com os menores valores de humidade relativa correspondem

aos cimos da Serra da Boa Viagem, com uma intensidade máxima de -13.3%. No espaço urbano de maior densidade de ocupação do solo, em particular nas ruas menos ventiladas, por efeito de abrigo e maior oclusão do horizonte, os desvios são de -0.8%.

Quanto ao campo médio noturno de circulação do ar, é notória uma diminuição da velocidade do vento comparativamente ao campo médio diurno, para o qual contribui o facto de os percursos serem preferencialmente efetuados sob condições de vento fraco, mas acima de tudo pelo ciclo diurno característico da camada limite, que neste momento do dia apresenta menor turbulência.

4.2. Exemplo do campo termohigrométrico de fracos contrastes espaciais

A campanha de observação relativa ao fim da noite do dia 19/09/2011 foi realizada sob condições meteorológicas de fraca nebulosidade, humidade relativa elevada e vento fraco de Norte ou Noroeste, condições determinadas, à escala sinóptica, pela influência do anticiclone atlântico subtropical, com o seu núcleo localizado próximo da costa ocidental da Península Ibérica e que por isso determinava uma espessura da camada basal de ar marítimo mais significativa que o habitual.

Com valores elevados de humidade relativa do ar associados a processos advectivos, neste fim de noite e princípio de madrugada, no espaço urbanizado definia-se um núcleo “quente” e de maior secura do ar, com um desvio máximo de temperatura do ar de 1.4°C. Por sua vez, o restante espaço observado, caracterizado por reduzidos índices de ocupação urbana do solo e englobando os sectores de maior altitude, correspondia a uma área de generalizada “frescura” e “humidade”, coincidindo com os cimos da Serra da Boa Viagem, sector onde a anomalia variava entre os -1.4°C e -2.1°C.

Em suma, esta campanha de observação demonstrou, acima de tudo, que por influência de uma espessa camada de ar marítimo, com valores muito elevados de humidade relativa do ar e velocidade do vento fraca, pontualmente moderada nos locais mais elevados da Serra da Boa Viagem, os contrastes termohigrométricos espaciais são significativamente atenuados, especialmente pela ausência de drenagem e acumulação de ar frio, identificada na maioria dos percursos nocturnos realizados. Deste modo, as razões devem-se, essencialmente, à velocidade do vento moderada no cume da Serra da Boa Viagem, o que para além de impedir a produção de ar frio (pela maior turbulência e mistura do ar), dificulta a drenagem desse mesmo ar ao longo

das vertentes, o que indicia a existência de um limiar mínimo da velocidade do vento sinóptico para que tais processos se manifestem.

4.3. O exemplo do campo termohigrométrico de contrastes significativos

Na noite de 4 para 5 de Outubro de 2011, realizaram-se duas campanhas de observação consecutivas, com o objectivo de se analisar a evolução espaço-temporal do campo termohigrométrico. Apesar de já representar uma situação de Outono, o mês de Outubro de 2011 caracterizou-se por condições meteorológicas particulares, tendo apresentado as temperaturas médias, máximas e mínimas mais elevadas em Portugal continental desde 1931, o que se traduziu num prolongamento da época estival.

Deste modo, as condições sinópticas aquando das campanhas de observação caracterizaram-se pela ação de um anticiclone de bloqueio, desenvolvido em crista (eixo SW-NE) sobre a Europa Ocidental, em circulação conjunta com uma depressão centrada entre os Açores e a Madeira e uma outra sobre o Sudeste Europeu. Em função da configuração do campo barométrico descrito, o estado de tempo em Portugal continental, foi influenciado, à superfície (n.m.m), por uma corrente de Leste de ar tropical continental (massa de ar quente e seco) o que, por sua vez, determinou valores baixos de humidade relativa do ar e valores elevados de temperatura do ar.

Com um tipo de tempo marcado por fraca nebulosidade, humidade relativa moderada e vento fraco, durante a noite e início da madrugada, com a perda de intensidade da circulação de N/NW ("nortada"), o fluxo sinóptico de Leste restabeleceu-se novamente no litoral, incrementando, assim, os contrastes termohigrométricos espaciais, em função das situações de abrigo relativamente aos fluxos advectivos de Leste.

Com a realização da primeira observação, ao fim da noite, o campo térmico apresentava contrastes máximos entre o conjunto de todos os locais observados de 6.7°C. Da análise do padrão térmico local constata-se a definição de dois núcleos "quentes" de intensidade e génese distintas. Por um lado, o principal núcleo "quente" com um desvio de 2.8°C, correspondia ao sector somital da serra da Boa Viagem, ao qual se associava igualmente um núcleo de "secura" (14.2%). Por outro lado, no espaço urbano da Figueira da Foz identificava-se outro núcleo "quente", no entanto, com descontinuidades espaciais, o que o tornavam heterogéneo tanto na forma como na intensidade (Figura 4).

Deste modo, no espaço urbano o principal núcleo "quente" correspondia ao sector Sul da cidade, com um desvio máximo de 1.9°C no Bairro Velho (São Julião), enquanto nas avenidas marginais expostas ao Mondego e ao Atlântico, as anomalias térmicas eram inferiores, variando entre os 1.1°C na Av. de Espanha (Barra do Mondego) e os 1.7°C na Av. do Brasil (local nº11).

Considerando os espaços verdes (Abadias) e não urbanizados (sector meridional da Várzea de Tavadrede), estes locais apresentavam uma temperatura do ar superior relativamente ao ponto de referência de apenas 0.3°C, em ambos os casos, no entanto relativamente aos espaços urbanizados envolventes, representavam "células de frescura e humidade". No caso do parque verde das Abadias, a magnitude do designado efeito de "park cool island" era de -0.5°C.

Por seu turno, os principais núcleos de "bolsas" de ar frio, relacionados com processos de drenagem e acumulação de ar frio em locais abrigados e com um reduzido índice de impermeabilização do solo, verificavam-se no sopé da vertente setentrional, com uma anomalia térmica de -3.9°C (local nº24), perdendo intensidade ao longo da base da vertente, com uma anomalia de -2.5°C (local nº26 e 27). Neste momento, a inversão térmica entre a base e o topo da vertente Norte era de 6.9°C, definindo assim um intenso e espesso "lago de ar frio".

Por sua vez, com base no termógrafo localizado na praia de Quiaios, o desvio térmico era de 0.7°C, valor que reflete não só a ação amenizadora do Atlântico, mas também o carácter extremamente localizado do "lago de ar frio" de Quiaios, que devido à morfologia envolvente o coloca em situação de abrigo relativamente aos fluxos de trajeto oceânico.

Outros núcleos de acumulação de ar frio, embora de menor intensidade, verificavam-se na base da vertente meridional da Serra da Boa Viagem, mais precisamente no sector de Tavadrede, na Rua A Voz da Justiça (-1.9°C) e na Av. Francisco Sá Carneiro (-1.4°C). Aqui relacionado com a drenagem e canalização dos fluxos catabáticos ao longo do vale da ribeira de Tavadrede, definido entre os interflúvios de Condados e Saltadouro.

Para além desta célula de ar frio, definia-se outra a Norte das costeiras de Salmanha, em Carritos, com uma anomalia térmica de -1.4°C (local nº37) e ainda em Várzea de Buarcos, com uma anomalia de -0.7°C (local nº13).

Relativamente ao campo de humidade relativa, a amplitude dos contrastes espaciais neste primeiro percurso era de 24.2%. Ao início da madrugada, definia-se já uma importante célula de "secura" ao longo do ali-

nhamento da Serra da Boa Viagem e Alhadas, apresentando uma intensidade máxima de -14.2% na Rua Estrada da Serra, a 200 m de altitude e prolongando-se para o sector da Ferrugenta (-9%).

Por sua vez, o restante espaço urbano, peri-urbano e rural (desenvolvido a cotas inferiores), correspondia a uma vasta área "húmida". Contudo, em determinados sectores do espaço urbano identificavam-se algumas células de "secura", bem definidas espacialmente em função da sua exposição ao fluxo regional de NE e E, particularmente evidente no sector da Várzea

de Buarcos, com uma anomalia de humidade relativa de -5.3% (local nº13).

Na segunda campanha de observação, os contrastes termohigrométricos espaciais acentuaram-se ao longo da madrugada, passando dos 6.9°C do percurso anterior, para os 10.6°C. O principal núcleo "quente" identificado no primeiro percurso recrudescceu, apresentando agora uma intensidade máxima de 8°C nos níveis culminantes da Serra da Boa Viagem, em particular, nos locais desprovidos de vegetação de porte arbóreo e desse modo mais expostos aos fluxos de Leste,

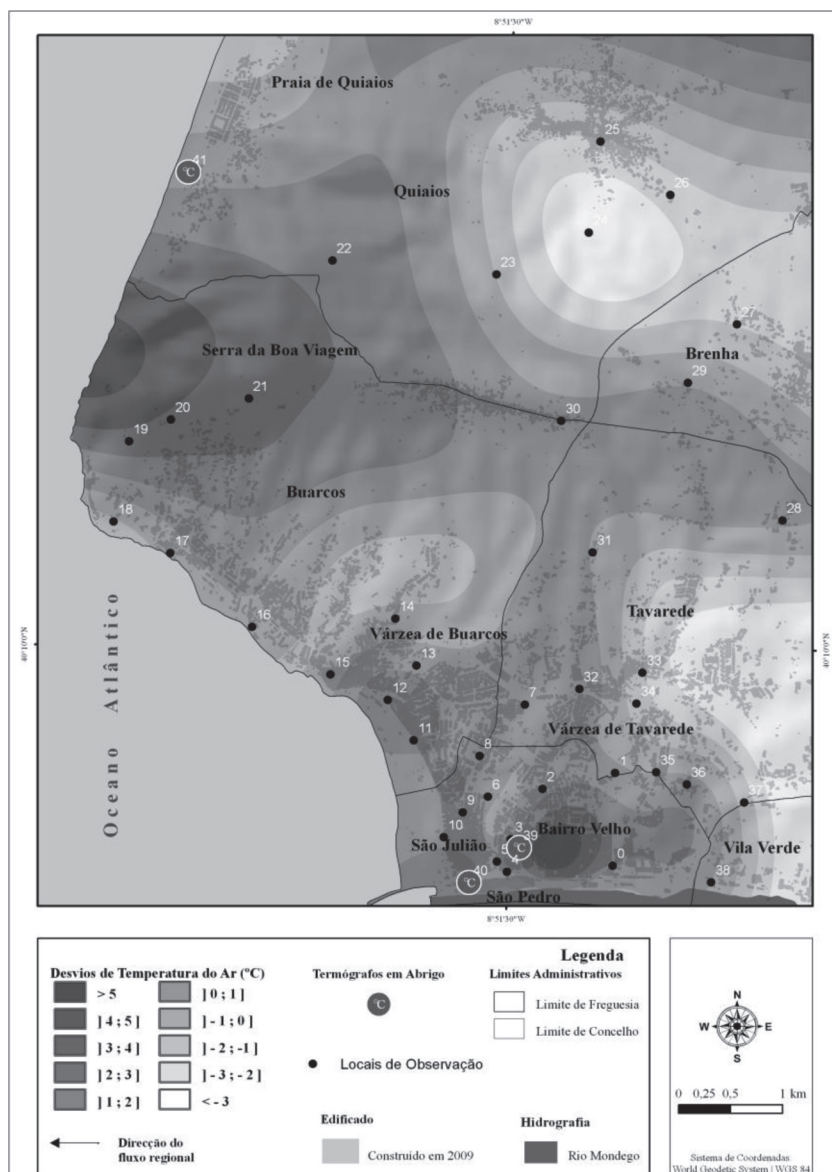


Figura 4
Campo térmico na noite de 4/10/2011.

responsáveis pela advecção de ar mais quente e seco (Figura 5).

A intensificação do núcleo “quente” ficou marcada pelo aumento da temperatura do ar entre a 1h e as 4h da madrugada nos locais sobrelevados e expostos, nomeadamente de 3.6°C na vertente setentrional a 150 m de altitude e de 2.7°C no sector culminante da Serra da Boa Viagem.

A conjugação destes fatores determinou a interrupção dos fluxos catabáticos e a diminuição da espessura do “lago de ar frio” de Quiaios ao longo da madrugada. Do mesmo modo, assistiu-se a uma intensificação

da inversão térmica, enquanto a manutenção da temperatura e um ligeiro aumento da humidade relativa do ar no núcleo do “lago de ar frio”, mostram o carácter estacionário desta célula de “frescura e humidade”, verificando-se uma diferença de 10.2°C entre os níveis da plataforma litoral (14.2°C) e o cume da Serra da Boa Viagem (24°C), valores que demonstram bem a magnitude dos contrastes termohigrométricos espaciais e verticais.

Por sua vez, o núcleo “quente” secundário relativo ao espaço urbano identificado no primeiro percurso manteve-se, apesar de um arrefecimento generali-

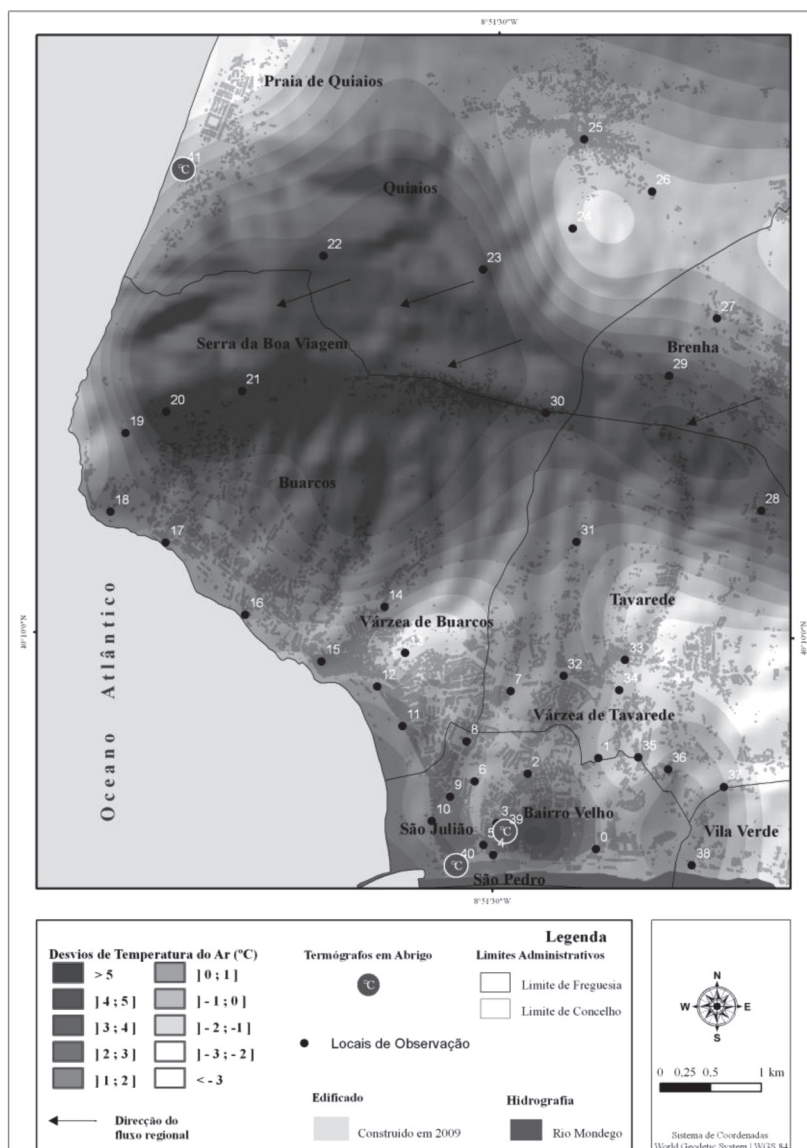


Figura 5
Campo térmico na madrugada de 5/10/2011.

zado. Contudo as descontinuidades termohigrométricas acentuaram-se, em função dos diferentes balanços radiativos locais, com influência direta nas taxas de arrefecimento.

Deste modo, o sector com temperaturas do ar superiores correspondia ao núcleo histórico de São Julião (Bairro Velho), com uma anomalia positiva de 2.1°C, enquanto que o Bairro Novo apresentava desvios positivos pouco significativos (inferiores a 1°C), registando-se ao longo das avenidas expostas ao Mondego e ao Atlântico desvios de 1.2°C.

Ao contrário do que se verifica com circulações de N e NW, na várzea de Buarcos, localizava-se a principal "célula de frescura" de todo o campo termohigrométrico, com um desvio de -2.6°C, inclusivamente mais intensa que o "lago de ar frio" de Quiaios (-1.6°C). Relativamente à acumulação de ar frio na várzea de Tavarède, identificada aquando da primeira observação, registou-se a intensificação deste processo, correspondendo agora a um "lago de ar frio" generalizado a todo o fundo de vale, com um eixo de desenvolvimento N-S, e com anomalias térmicas de -1.8°C e de -1°C na Rua da Várzea. A forma como a célula evoluiu indicia o carácter pulsar da drenagem e acumulação de ar frio nos locais topograficamente deprimidos, só possível por se encontrarem "abrigados" dos fluxos de Leste pelo alinhamento da Serra da Boa-Viagem e Alhadas.

De igual modo, ao longo da madrugada os contrastes da humidade relativa do ar aumentaram, tendo passado de 24.2% para 35.2%, destacando-se dois núcleos principais com características distintas. Assim, na Serra da Boa Viagem a célula de "secura" intensificou-se, com um desvio máximo de -35% (Rua Estrada da Serra).

O restante espaço urbano e peri-urbano constituía uma área "húmida" homogénea, apresentando desvios inferiores a 5%, com a humidade relativa do ar a situar-se em termos médios nos 90%, em contraste com os 59% de humidade relativa do ar registados de madrugada no Miradouro da Bandeira, a 257 metros de altitude.

Destas duas campanhas de observação, onde ficou evidente uma forte estratificação térmica vertical do ar, destaca-se a importância da intensificação do fluxo sinóptico de NE/E e a consequente diminuição da espessura da camada basal de ar marítimo proveniente de NW/W, no incremento dos contrastes termohigrométricos espaciais à escala local.

Ou seja, ao longo da tarde e princípio de noite, este sector da faixa costeira ocidental da Península Ibérica encontrava-se "submerso" num fluxo de NW, marítimo, relativamente fresco e húmido, pouco espesso e

limitado superiormente por uma inversão térmica, com a base a altitudes superiores ao cume da Serra da Boa Viagem.

Por sua vez, com o avançar da noite e madrugada, a intensificação do fluxo de Leste diminuiu a espessura do ar marítimo subjacente, permitindo que os locais de maior altitude "emergissem" da camada basal, com a consequência de uma intensificação da inversão térmica, cuja base passou a situar-se a altitudes inferiores às do topo da Serra da Boa Viagem.

Do mesmo modo, verificou-se uma intensificação local de "lagos de ar frio" (Várzeas de Buarcos e Tavarède), em contraste com outras áreas deprimidas onde habitualmente ocorre com maior intensidade a acumulação de ar frio (sopé da vertente Norte - Quiaios), mas que, porque não abrigadas dos fluxos de Leste, aparecem, nestas condições sinópticas, atenuados, coincidindo com uma maior secura local do ar do que é habitual. perante este tipo de tempo, o padrão do campo termohigrométrico de superfície altera-se significativamente.

Considerações Finais

A análise das principais particularidades topoclimáticas da cidade da Figueira da Foz, permitiu-nos concluir que os principais contrastes termohigrométricos espaciais identificados, mais do que determinados por uma influência termohigrométrica urbana, encontram-se diretamente relacionados com a manifestação de um determinado tipo de tempo, neste caso, com fluxos advectivos de Leste, que no Verão atingem Portugal continental sobreaquecidos e exsiccados em função do seu trajeto continental.

Nó entanto, as características topográficas locais, onde naturalmente se destaca da platitude geral o arco constituído pelas Serras da Boa Viagem e Alhadas, apresentam-se como um fator preponderante na modificação significativa do campo termohigrométrico local, uma vez que é em função da sua altitude e do seu alinhamento, que estes fluxos dinâmicos manifestam, claramente, uma "incidência seletiva" (GANHO 2010) do ponto de vista espacial.

Para além dos tipos de tempo e do relevo local, a localização da Figueira da Foz no ocidente peninsular e, portanto, a sua imediata proximidade ao Oceano Atlântico, são fatores que contribuem para uma frequente estratificação térmica vertical inversa do ar na baixa troposfera.

Neste sentido, verificou-se que os contrastes termohigrométricos espaciais são máximos quando a base

da inversão térmica se situa a altitudes inferiores aos cumes da Serra da Boa Viagem o que, dado o seu alinhamento e a localização topograficamente deprimida da cidade, a coloca em situação de abrigo face aos fluxos advectivos de Leste, e por sua vez, "mergulhada" numa massa de ar marítimo fresca e húmida. Aliás, são também estes valores elevados de humidade relativa do ar, ao longo de todo o ano, nos níveis baixos da atmosfera, que contribuem, de uma forma decisiva, para o atenuar do efeito urbano nos contrastes termohigrométricos espaciais.

Bibliografia

- ADEBAYO, Y. R. (1987) - "A note on the effect of urbanization on temperature in Ibadan". *Journal of Climatology*, 7, pp. 185-192.
- ALCOFORADO, M. (1992) - *O clima da região de Lisboa. Contrastes e ritmos térmicos*. Lisboa, Memórias do C.E.G, vol. 15, Lisboa: 347 p.
- ALMEIDA, A. (1995) - *Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem. Uma abordagem ecológica da paisagem*. Dissertação de Doutoramento na área da Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 305 p.
- ANDRADE, H. (2003) - *Bioclima Humano e a temperatura do ar em Lisboa*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, 435 p.
- CHOW, W. e ROTH, M. (2006) - "Temporal Dynamics of the urban heat Island of Singapore". *International Journal of Climatology*, 26, pp. 2243-2260.
- 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, 495 p.
- GANHO, N. (1998) - *O clima urbano de Coimbra: estudo de climatologia local aplicada ao ordenamento urbano*. Dissertação de Doutoramento, Instituto de Estudos Geográficos, Universidade de Coimbra, 551 p.
- GANHO, N. (2010) - "Contrastes topoclimáticos excepcionais associados às circulações de Leste numa cidade de relevo acidentado (Coimbra, Portugal)". *Cadernos de Geografia*, nº 28/29, pp. 181-184.
- GOLDREICH, Y. (1981) - "Topographical and urban influences on the mesoclimate of Shallow Valleys in Joannesburg". *The South African Geographical Journal*, 63, 2, pp. 85-106.
- JAUREGUI, E. (1997) - "Heat Island development in Mexico City". *Atmospheric Environment*, 31, pp. 3821-3831.
- LOPES, A. (2003) - *Modificações no clima urbano de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, 375 p.
- MARQUES, D.; GANHO, N. e CORDEIRO, A. M. ROCHETTE (2008) - "Clima local e ordenamento urbano - O exemplo de Coimbra". *Cadernos de Geografia*, Coimbra, 26-27, Coimbra, pp. 313-323
- MARQUES, D. (2012) - *Contributo da Climatologia para a sustentabilidade urbana. O caso da Figueira da Foz*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra, Coimbra, 191 p.
- MONTÁVEZ, J. P.; RODRÍGUEZ, A. e JIMÉNEZ, J. (2000) - "A Study of the urban heat Island of Granada". *International Journal of Climatology*, 20, pp. 899-911.
- OKE, T. (1982) - "The energetic basis of the urban heat Island". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 455, pp. 1-24.
- OKE, T. (1987) - *Boundary layer climates*. 2nd ed. London. Routledge, 435 p.
- REBELO, F.; CUNHA, L. e ALMEIDA, A. (1990) - "Contribuição da Geografia Física para a inventariação das potencialidades turísticas do Baixo Mondego", *Cadernos de Geografia*, 9, pp. 3-34.
- UNWIN, D. (1980) - "The synoptic climatology of Birmingham's heat Island". *Weather*, 35, pp. 43-50.