

CADERNOS DE GEOGRAFIA

INSTITUTO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS

FACULDADE DE LETRAS · UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA 1999 N.º 18



CLIMA URBANO E A CLIMATOLOGIA URBANA FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO AO ORDENAMENTO URBANO¹

Nuno Ganho*

RESUMO

Neste artigo apresenta-se uma síntese dos fundamentos teóricos e do suporte bibliográfico do clima dos espaços urbanizados e da aplicação da Climatologia ao ordenamento urbano, orientada para aqueles que, não sendo especialistas na matéria, independentemente da sua formação científica, trabalham em urbanismo.

Palavras-chave: Clima Urbano. Climatologia Urbana. Ordenamento Urbano.

RÉSUMÉ

Dans cet article on présente une synthèse des fondements théoriques et du support bibliographique du climat des espaces urbanisés et de l'application de la Climatologie au aménagement urbain, orientée vers ceux qui, n'étant spécialistes et indépendamment de sa formation scientifique, travaillent en urbanisme.

Mots-clés: Climat Urbain. Climatologie Urbaine. Aménagement Urbain.

ABSTRACT

In this paper we present a sintesys of the theoretical fundamentals and of the bibliographic support of the climate of the urbanized spaces and of the application of the Climatology to the urban planning, turned on to those that do not beeing specialists on this subject, no matter their scientific background, work in urbanism.

Key-words: Urban Climate. Urban Climatology. Urban Planning.

1. Introdução e enquadramento bibliográfico²

O primeiro estudo dedicado especificamente ao clima urbano remonta a inícios do século passado, altura em que L. HOWARD (1818) evidenciou que as temperaturas no interior de Londres são superiores às que se verificam na periferia da cidade (T. J. CHANDLER, 1962b), embora houvesse consciência deste facto desde muito antes (H. E. LANDSBERG, 1981).

De então para cá, numerosos estudos sobre diversas cidades têm sido feitos - veja-se, por exemplo, a inven-

tariação de M. C. MORENO (1990, 1992) para aqueles dedicados especificamente ao problema da ilha de calor -, a maioria dos quais para aglomerações de grandes dimensões, onde os efeitos urbanos no clima assumem maior magnitude.

É o caso de cidades norte-americanas onde os exemplos de estudos de clima urbano proliferam.

Nos Estados Unidos, *Nova Iorque* (R. D. BORNSTEIN, 1968; D. M. LEAHEY; E. J. P. FRIEND, 1971), *Chicago* (B. ACKERMAN, 1985), *Washington* (C. A. WOOLLUM, 1970;

¹ Versão integral de parte do 1º capítulo da dissertação de Doutoramento em Geografia do autor (N. GANHO, 1998b, pp. 17-48 e 52-58).

* Instituto de Estudos Geográficos e Centro de Estudos Geográficos. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra.

² Versão revista, aumentada e actualizada de um sintético enquadramento bibliográfico do ponto 1.1. do capítulo III de N. GANHO, 1992, pp. 83-84

R. P. HARNACK e H. E. LANDSBERG, 1974), *St. Louis*, uma das cidades mais pormenorizadamente estudadas (J. F. CLARKE e J. T. PETERSON, 1973; F. M. VUKOVICH *et al.*, 1976; F. M. VUKOVICH e J. W. DUNN, 1978; R. R. BRAHAM Jr. e D. WILSON, 1978; J. M. WHITE *et al.*, 1978; J. L. VOGUEL e F. A. HUFF, 1978; S. A. CHANGNON Jr., 1978, 1979; R. R. BRAHAM Jr., 1979; J. H. SHREFFLER, 1979a, 1979b; J. T. PETERSON e T. L. STOFFEL, 1980), *Cincinnati* (J. F. CLARKE, 1969), *Christchurch* (N. J. TAPPER, 1990), *Bellingham* (R. W. FONDA *et al.*, 1971), *Denver* (D. RUFFIEUX *et al.*, 1990, 1991), *Detroit-Windsor* (M. SANDERSON *et al.*, 1973; M. SANDERSON e R. GORSKI, 1978), *Phoenix* (S.-I. Hsu, 1984; R. C. BALING Jr. e S. W. BRAZEL, 1987; R. C. BALING Jr. e R. S. CERVENY, 1987), *Sacramento* (P. W. SUCKLING; M. D. MICHEL, 1988) ou até em cidades de pequenas dimensões como é o caso de *Chapel Hill*, na Carolina do Norte (R. J. KOPEC, 1970).

No Canadá, *Toronto* (P. BOSSELMANN *et al.*, 1995), *Montreal* (T. R. OKE e G. B. MAXWELL, 1975), *Vancouver* (T. R. OKE e G. B. MAXWELL, 1975; D. YAP e T. R. OKE, 1974; T. R. OKE e J. H. MCCAUGHEY, 1983; H. A. CLEUGH e T. R. OKE, 1986), *Edmonton* (K. D. HAGE, 1972), *Calgary* (L. C. NKEMDIRIM e P. TRUNCH, 1978), *Hamilton* (T. R. OKE e F. G. HANNEL, 1970; W. R. ROUSE *et al.*, 1973) e *Quebec* (R. LEDUC *et al.*, 1980, 1981).

Na América Central, a *Cidade do México*, pelo seu sobredimensionamento e contexto topográfico, foi já também objecto de estudo (E. JAUREGUI, 1973, 1983; T. R. OKE *et al.*, 1992), assim como *Guadalajara* (E. JAUREGUI *et al.*, 1992) e outras cidades mexicanas (E. JAUREGUI, 1987).

E os exemplos sucedem-se noutras partes do globo, em diferentes contextos climáticos regionais, como *Tóquio* (T. YONETANI, 1982; F. KIMURA e S. TAKAHASHI, 1991; A. LÓPEZ GÓMEZ, 1992), *Sendai* (Y. SASAKI *et al.*, 1973), *Xangai* (C. S. DJEN, 1992), *Sidnei* (M. P. PATERSON, 1973), *Adelaide* (T. J. LYONS e B. W. FORGAN, 1975), *Christchurch* (N. J. TAPPER, *et al.*, 1981; N. J. TAPPER, 1990), *Joanesburgo* (P. D. TYSON, *et al.*, 1972; Y. GOLDREICH *et al.*, 1981a, 1981b; Y. GOLDREICH, 1992), *Seoul* (H. PARK, 1986), *Kuwait* (H. A. NASRALLAH *et al.*, 1990), ou *Riade* (M. S. EL-SHOBOKSHY *et al.*, 1990).

Mesmo em cidades da zona equatorial e subequatorial, onde o clima regional parece atenuar os efeitos topoclimáticos da urbanização (T. R. OKE, 1992), se começa a dar importância à investigação neste domínio. É o caso de *Ibadan* (Y. R. ADEBAYO, 1987a, 1987b, 1990), *Cotonou* (M. BOKO, 1991), *Brazzaville* (M. MOUNZA, 1992), *Nairobi* (K. NAKAMURA, 1967) e *Varanasi* (J. PANDEY *et al.*, 1992), entre outras.

Como exemplos europeus refira-se *Londres* (T. J. CHANDLER, 1960, 1962a, 1962b, 1962c, 1964b, 1965; D. O. LEE, 1975, 1977, 1979, 1991; I. T. LYALL, 1977), *Birmingham* (D. J. UNWIN, 1980), *Reading* (M. PARRY, 1954, 1956, 1970), *Leicester* (T. J. CHANDLER, 1967b), *Plymouth* (G. E. MILLWARD e R. H. MOTTE, 1976), *Glasgow* (M. HARTLEY, 1977), *Dublin* (J. SWEENEY, 1987), *Paris* (C. CALVET, 1985, 1986; O. CANTAT, 1986; J. DETTWILLER, 1970a; G. ESCOURROU, 1986a, 1986b, 1988a, 1990), *Nice* (P. CARREGA, 1984; D. RUFFIEUX e P. CARREGA, 1986), *Annecy* (W. ENDLICHER, 1981), *Nancy* (I. ROUSSEL, 1988), *Friburgo* (D. RUFFIEUX, 1986), *Bienne* (H. WANNER *et al.*, 1986; P. BELINCOURT, 1991), *Roma* (M. COLACINO, 1978, 1980), *Atenas* (B. KATSOUULIS e G. A. THEOHARATOS, 1985; J. G. DIKAIKOS, 1987), *Budapeste* (L. GAJZÁGÓ, 1970a, 1970b), *Estocolmo* (B. LUNDÉN, 1987), *Gotemburgo* (I. ELIASSON e B. HOLMER, 1990), ou *Roterdão* (C. A. VELDS, 1970).

Na Península Ibérica, *Madrid* é um caso particular de estudos sistemáticos (F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1982, 1990, 1995; F. FERNÁNDEZ GARCÍA e E. GALÁN, 1995; A. LÓPEZ-GÓMEZ e F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1984; A. LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1990, 1991; C. YAGÜE *et al.*, 1991; F. A. ILERA e F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1991; A. LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993a, 1995; M. A. ALMENDROS e A. LÓPEZ-GÓMEZ, 1995; A. LÓPEZ-GÓMEZ *et al.*, 1998). Mas também outras cidades espanholas têm sido objecto de estudos de maior ou menor pormenor (A. LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993b); *Barcelona* (C. CARRERAS *et al.*, 1990; P. L. CLAVERO, 1990; M. C. MORENO-GARCIA, 1994), *Valência* (V. CASELLES *et al.*, 1991), *Tarragona* (M. B. INDIA, 1992; D. L. BONILLO, 1992), *Logroño* (J. M. G. RUÍZ *et al.*, 1989), *Donostia* (I. G. LOPEZ, 1991), ou, nas ilhas Canárias, *Santa Cruz de Tenerife* (M. V. M. JAEN, 1987; M. MARZOL, *et al.*, 1991)³.

Em Portugal o primeiro estudo onde a componente climática urbana é abordada, é a tese de doutoramento de M. J. ALCOFORADO (1988, 1992a) sobre o "Clima da Região de Lisboa", onde a autora, na 2ª parte do trabalho analisa a ilha de calor de Lisboa e compara o regime

³ Já depois de escrito este texto, aquando da IV Reunión Nacional de Climatología de Espanha, em Fevereiro/Março de 1998, saiu uma publicação que reúne as comunicações aí apresentadas (F. FERNÁNDEZ GARCIA *et al.*, 1998), a maioria sobre cidades espanholas, o que acresce a lista destas que têm sido objecto de estudos de climatologia urbana, que no entanto, me abstenho aqui de enumerar. Até porque, isso mesmo faz, de uma forma muito sistemática e completa, para o período 1980-1997, M. C. MORENO-GARCIA no seu artigo (1998, pp. 177-196) incluído nesta mesma publicação.

térmico em dois bairros distintos da capital (W. ENDLICHER, 1989).

Antes e após a apresentação deste trabalho pioneiro, outros trabalhos parcelares foram publicados pela autora, sobre *Lisboa* (M. J. ALCOFORADO, 1986, 1987a, 1989, 1991a, 1992b, 1994, 1996; M. J. ALCOFORADO e M. H. DIAS, 1994; M. J. ALCOFORADO *et al.*, 1995; J. FALLOT e M. J. ALCOFORADO, 1988).

A segunda cidade a ser objecto de investigação climática em Portugal foi o *Porto*, por A. MONTEIRO, sobre a qual a autora apresentou uma tese de doutoramento intitulada "O Clima Urbano do Porto" (1993a), onde dedica especial atenção ao problema da ilha de calor e da poluição atmosférica (F. REBELO, 1993), para além de artigos versando a mesma temática (A. MONTEIRO, 1989a, 1989b, 1993b, 1994, 1995).

Mais recentemente, outro estudo onde está implícito o clima urbano de *Lisboa*, incidindo concretamente sobre "Poluição Atmosférica e Clima em Lisboa", foi apresentada como tese de mestrado por H. J. N. ANDRADE (1994).

Não tão especificamente dedicado ao estudo do clima urbano, mas no domínio da topo-climatologia de uma área urbanizada, onde necessariamente os efeitos climáticos da ocupação urbana do solo se fazem sentir, é o estudo "Padrões Térmicos do Clima Local na Região de *Oeiras*", apresentado por A. M. S. LOPES (1994), como tese de mestrado.

Sobre a cidade de *Coimbra* começaram a desenvolver-se trabalhos de investigação no domínio da climatologia urbana desde o início da década de 90, tendo-se apresentado o primeiro trabalho como tese de mestrado, intitulado "O Clima Urbano de Coimbra" (N. GANHO, 1992). De então para cá a investigação tem continuado, tendo-se publicado alguns artigos sobre o tema (N. GANHO, 1994, 1995a, 1995b, 1995c, 1995d, 1995e, 1996a, 1996b, 1998a).

Os escassos estudos anteriormente feitos (A. F. CARVALHO, 1922; A. B. PEREIRA, 1942a, 1942b; J. C. MORAIS e A. B. PEREIRA, 1954; L. LOURENÇO, 1987), constituem análises de algumas das longas séries de dados climáticos referentes ao IGU (para uma descrição sumária destes trabalhos ver N. GANHO, 1992, pp. 12-15), contribuindo, sem dúvida, para o conhecimento do clima de Coimbra, sem no entanto descer à escala local, não constituindo por isso estudos de climatologia urbana⁴.

⁴ Na mesma publicação (F. FERNÁNDEZ GARCIA *et al.*, 1998), os artigos de A. MONTEIRO (1998, pp. 67-84) e de H. ANDRADE e A. LOPES (1998, pp. 85-91) enriquecem a lista dos estudos de climatologia urbana feitos em Portugal, que M. J. ALCOFORADO (1998, pp. 41-66) inventaria e sintetiza. Através deste artigo tomei conhecimento de um estudo, em publicação, sobre *Évora*

Não obstante os estudos de clima urbano se multiplicarem por inúmeras cidades mundiais, de dimensões variadas, em diferentes contextos climáticos, biogeográficos e topográficos, de que se inventariou, a título de exemplo, uma pequena parte, como referiu M. J. ALCOFORADO (1988, p. 288), "os conhecimentos actuais são insuficientes para se estabelecerem regras universais", embora alguns trabalhos constituam já uma tentativa de generalização como os de R. ARLÉRY (1970), P. BESSEMOULIN (1980), T. J. CHANDLER (1967a, 1970a, 1970b, 1976), Y. GOLDREICH (1984), F. HADER (1970), H. E. LANDSBERG (1970a, 1970b, 1981), D. O. LEE (1984), T. R. OKE (1973, 1982, 1987, 1995), A. LÓPEZ GÓMEZ (1985), S. YAMASHITA (1991), B. W. ATKINSON (1985), G. ESCOURROU (1991), J.-A. HERTIG (1990), H.-S. PARK (1987), C. KIRBY (1995), ou R. E. MUNN (1970, 1973).

Por isso, não se pretende, com este artigo, desenvolver exaustivamente as bases teóricas do clima urbano, mas tão só fazer uma apresentação sumária de alguns dos aspectos mais importantes e necessários para a compreensão de uma temática ainda hoje, em Portugal, tão pouco conhecida, mesmo por aqueles que (e porque não sendo climatólogos) trabalham em ordenamento urbano. Tal abordagem, para além de impossível dada a vastidão do tema se desenvolvido ao pormenor, seria desnecessária atendendo a que existe já bibliografia onde a teoria é apresentada, numa tentativa de generalização como se referiu, com maior ou menor pormenor, de uma forma clara e sistematizada, e seria repetitiva uma vez que já foi feito, noutros trabalhos, nomeadamente no de M. J. ALCOFORADO (1992a, pp. 151-161), concretamente para a temática da ilha de calor, no de A. MONTEIRO (1993a, pp. 189-198), para o clima urbano em geral, e num meu anterior trabalho (N. GANHO, 1992, pp. 83-89), para "a influência da urbanização nas temperaturas à escala local".

2. A influência topoclimática da urbanização

2.1. A influência térmica⁵

As aglomerações urbanas, mesmo as de dimensões modestas, interferem significativamente nas características climáticas locais, criando, nomeadamente, o seu próprio campo de temperaturas.

(M. J. ALCOFORADO e J. P. TABORDA, 1997), e de um outro sobre *Bragança* (L. KATZSCHNER *et al.*, 1995).

⁵ Versão revista, pontualmente aumentada e bibliograficamente actualizada do ponto 1.1., alíneas a) e b) do capítulo III de N. GANHO, 1992, pp. 84-89.

A criação de um clima urbano resulta da substituição da cobertura natural do solo por materiais como a pedra, o cimento e o asfalto, da geometria urbana característica e das alterações na composição da baixa atmosfera inerentes à concentração das actividades humanas. Os efeitos reflectem-se no balanço térmico local (M. J. KERSCHGENS e H. KRAUS, 1990) e conseqüentemente nas temperaturas, de forma variável entre cidades diferentes, especialmente quando a topografia acidentada, mesmo sem grandes diferenças altitudinais, complica os esquemas teóricos de repartição térmica.

O balanço térmico urbano

A actividade industrial, a combustão doméstica e a circulação automóvel são as principais fontes emissoras responsáveis por uma alteração na composição da atmosfera urbana. O aumento do número de suspensões sólidas e conseqüente diminuição do coeficiente de transparência da atmosfera, provocam uma diminuição da radiação directa, enviada em maior percentagem para o espaço e em maior percentagem absorvida, especialmente a radiação ultravioleta (G. HÄNEL *et al.*, 1990).

Pelo contrário, a radiação difusa aumenta, mas em quantidade insuficiente para compensar a diminuição da primeira e, por conseqüência, a radiação global é igualmente menor (T. NISHIZAWA e S. YAMASHITA, 1967). Para este facto contribuiria também o aumento do número de dias de nevoeiro mas, neste aspecto, as informações extraídas da bibliografia são contraditórias. Para alguns autores a multiplicação dos núcleos de condensação provoca, para além da deterioração das condições de visibilidade - veja-se, por exemplo, o estudo de E. JUAREGUI (1983) para a cidade do México, ou de T. J. LYONS e B. W. FORGAN (1975) para Adelaide -, um aumento do número de dias de nevoeiro (R. G. BARRY e R. J. CHORLEY, 1985). Para outros, pelo contrário, as temperaturas urbanas mais elevadas tornam os nevoeiros menos frequentes e de menor espessura e duração, contribuindo para um tempo de insolação mais longo (G. ESCOURROU, 1984a, 1986, 1991; J. JENKINS, 1970). Um estudo feito para a cidade de Sacramento (P. W. SUCKLING e M. D. MITCHELL, 1988) permitiu concluir que a sua atmosfera urbana não experimenta maior número de situações de nevoeiro.

Para além da poluição, a geometria da cidade contribui para uma diminuição da radiação directa que atinge o solo por "efeito de sombra" das construções (H. SWAID, 1993). Este efeito restringe-se à atmosfera urbana que ocupa o espaço entre os edifícios e abaixo dos seus topos, generi-

camente designado por *urban canopy-layer*⁶, em oposição à que se estende para cima deles e por eles influenciada, constituindo o *urban boundary-layer*⁷ (T. R. OKE, 1976). Outros processos apresentam também características e proporções diferentes entre estas duas unidades, tornando necessário considerá-las separadamente em qualquer estudo de climatologia urbana (T. R. OKE, 1984). É o caso do albedo que, embora muito variável, na cidade sofre uma redução na ordem de 12 a 20% relativamente ao campo (Y. R. ADEBAYO, 1990), em conseqüência do comportamento radiativo dos materiais de construção e da geometria urbana (M. AIDA, 1982) que determina uma multiplicidade de reflexões entre as paredes verticais dos edifícios dos *canyons* urbanos.

A diminuição da radiação global, estimada em 9 a 15%, é em parte compensada pelo menor albedo, contribuindo para um acréscimo, de 8 a 20% (Y. R. ADEBAYO, 1990), da radiação de onda-longa emitida quer pelos imóveis, quer pela atmosfera urbana. Os materiais de construção, com um comportamento semelhante ao dos "corpos negros" (R. GEIGER, 1980), absorvem a quase totalidade da radiação incidente durante o dia, constituindo autênticos reservatórios de energia que posteriormente emitem de acordo com a lei de *Stefan-Boltzmann*. A atmosfera urbana, mais rica em suspensões sólidas e outros poluentes, tem maior capacidade de absorção e conseqüentemente de emissão de energia (J. GLAZIER *et al.*, 1976). Esta é mais dificilmente perdida em direcção ao espaço devido à ocultação do horizonte (*sky-view-factor*), ficando "aprisionada" entre os edifícios (M. NUNEZ e T. R. OKE, 1977). Por outro lado, o balanço hídrico urbano é fortemente diminuído relativamente ao campo uma vez que a precipitação é na sua quase totalidade evacuada pelas superfícies impermeáveis, e os espaços verdes muito reduzidos proporcionalmente aos espaços construídos. Conseqüentemente, a quantidade de água disponível para evaporação é escassa, limitando o fluxo de calor latente em favor do fluxo de calor sensível (D. YAP e T. R. OKE, 1974).

Em cidades da zona extratropical e de forte desenvolvimento económico, aos parâmetros anteriores junta-se a energia de origem antrópica resultante da actividade industrial e da combustão doméstica, com especial importância nas de grandes dimensões, durante o Inverno.

O esquema da figura 1 sintetiza as diferenças de comportamento dos vários componentes intervenientes no

⁶ Para esta expressão anglo-saxónica M. J. ALCOFORADO (1992a, p. 152) propõe a de "atmosfera urbana inferior" ou "baixa atmosfera urbana".

⁷ Do mesmo modo, para esta designação M. J. ALCOFORADO (1992a, p. 152) propõe a de "atmosfera urbana superior".

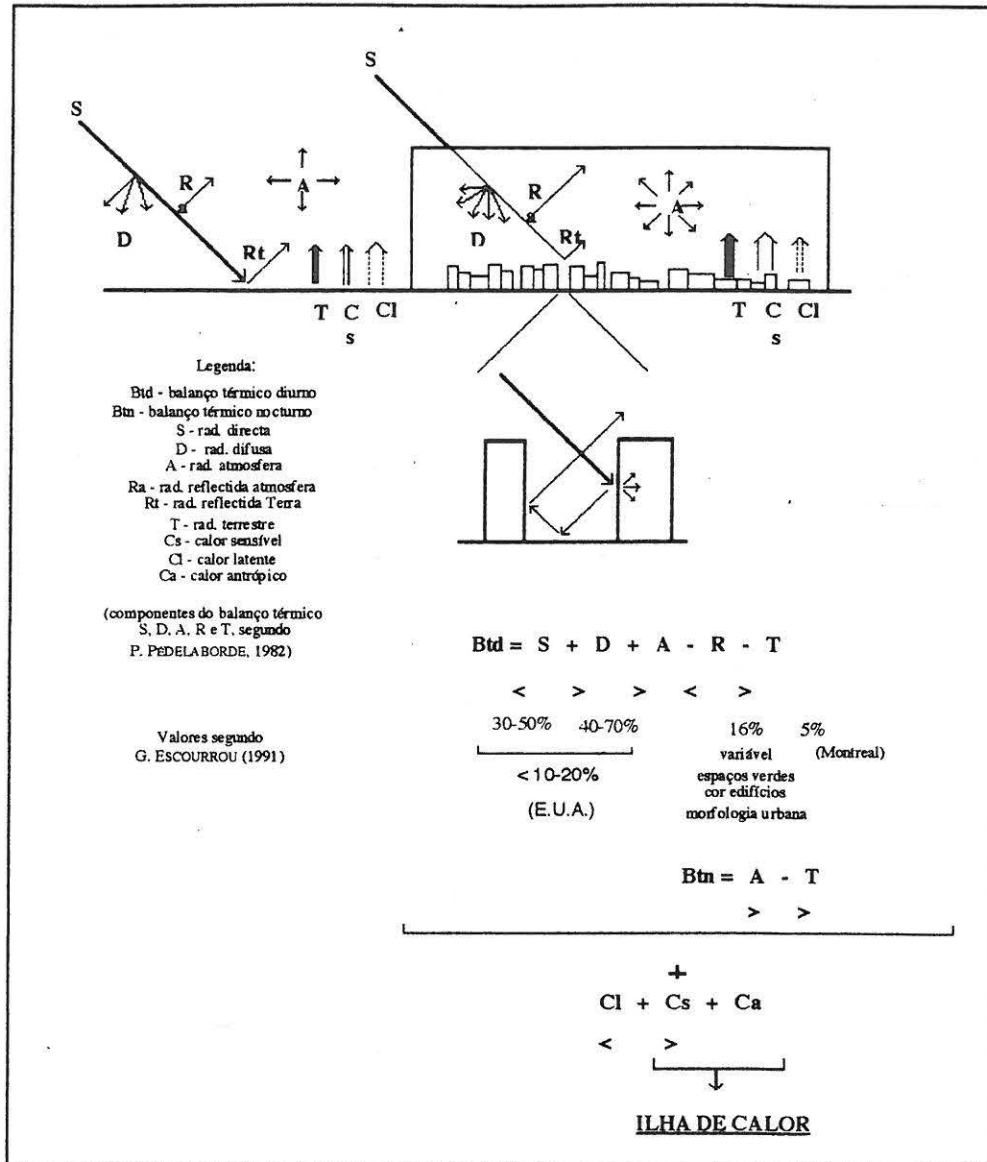


Fig. 1 - Representação esquemática do balanço térmico urbano relativamente ao espaço não urbano. (Elaboração própria).

balanço térmico local, entre os sistemas espaço urbano-atmosfera urbana e espaço não urbano-atmosfera não urbana. Tais componentes são os que apresenta P. PÉDELABORDE (1982) para o balanço térmico local em geral, nomeadamente: radiação solar directa (S), radiação difusa (D), radiação atmosférica (A), radiação reflectida pela Terra e pela atmosfera (R, que se adaptou subdividindo em Rt e Ra) e radiação terrestre (T), e que, pela sua simplicidade e em função das informações, nem sempre coincidentes, extraídas da bibliografia, se adaptou

especificamente para o espaço urbano e correspondente camada da atmosfera por ele condicionada (*boundary-layer* ou "camada limite urbana"), e a que se juntaram outros intervenientes no processo: os fluxos de calor sensível (Cs), de calor latente (Cl) e de calor antrópico (Ca). Os sinais > ou < ajuízam os respectivos valores em relação ao espaço-atmosfera não urbanos e os valores que se apresentam, dado que bastante variáveis de autor para autor e, principalmente, de cidade para cidade, são os veiculados por G. ESCOURROU (1991), servindo apenas

para dar uma ideia da magnitude dos fenómenos radiativos em análise. A equação dos balanços térmicos diurnos (Btd) e nocturnos (Btn) é também baseada em P. PÉDELABORDE (1982) e adaptada para o espaço-atmosfera urbanos.

Da sua análise muito sintética e comparativa com o espaço-atmosfera não urbanos, pode concluir-se que, não obstante a redução da radiação global, o aumento da radiação emitida pela atmosfera, a redução do albedo e consequente aumento da radiação emitida pela superfície, a que se junta um aumento do fluxo de calor sensível em detrimento do fluxo de calor latente e ainda o calor antrópico, jogam no sentido de um balanço radiativo e consequentemente térmico no espaço-atmosfera urbanos excedentário relativamente ao do espaço-atmosfera não urbanos, com efeitos térmicos.

Por outras palavras e em suma, a concentração de edifícios, a poluição atmosférica, a redução da evaporação e o calor antrópico, contribuem para que a energia disponível nas aglomerações urbanas seja superior à do campo envolvente, determinando a formação de uma "ilha de calor".

A ilha de calor urbano

O termo "ilha de calor" foi utilizado pela primeira vez em 1958 por G. MANLEY (H. E. LANDSBERG, 1981) para designar a diferença positiva de temperatura entre o centro e a periferia das cidades, inicialmente constatada por L. HOWARD (1818) em Londres e posteriormente confirmada para outras cidades.

A ilha de calor não se restringe ao *canopy-layer*. A influência térmica da cidade estende-se em altitude (F. S. DUCKWORTH e J. S. SANDBERG, 1954), atribuindo-lhe a forma de um "domo de calor urbano" (T. R. OKE, 1982), por vezes profundamente deformado pelo vento, em "pluma térmica" (Y. GOLDBREICH *et al.* 1981a), responsável, em certas situações, pelo aparecimento de anomalias positivas de temperatura em áreas periféricas a sotavento da cidade (G. ESCOURROU, 1991).

A tridimensionalidade da ilha de calor traduz-se por temperaturas, em altitude, sobre a cidade, superiores às que se verificam sobre o campo próximo, até um determinado nível (*crossover*) a partir do qual a situação se inverte (T. R. OKE, 1982). O nível superior do "domo quente", embora variável de cidade para cidade e dependendo muito da estrutura vertical da troposfera, situa-se normalmente, entre 100 e 400 metros (400 m em Lisboa, valor encontrado por M. J. ALCOFORADO, 1988 e 1992a; 300 m em Roma segundo M. COLACINO, 1980; 290 m sobre Christchurch, de acordo com N. J. TAPPER, 1990).

O reforço do fluxo energético da superfície terrestre para a atmosfera, associado à ilha de calor, determina gradientes térmicos verticais mais fortes sobre as aglomerações urbanas do que sobre o campo (G. A. DEMARRAIS, 1961) e diminui o número de ocorrências de inversões térmicas ou, pelo menos, atenua a sua intensidade e espessura (N. J. TAPPER, 1990; J. M. GODOWITCH *et al.* 1985, 1987).

A origem da ilha de calor deve-se não tanto a diferenças de aquecimento como de arrefecimento entre a cidade e o campo imediatamente próximo. Este é normalmente mais rápido após o pôr-de-sol no campo do que na cidade. Como consequência a intensidade da ilha de calor (ΔT_{u-r}) atingirá o máximo normalmente 3 a 5 horas depois do ocaso (T. R. OKE, 1982), diminuindo de intensidade com o decorrer da noite e madrugada (D. J. UNWIN, 1980), mais rapidamente no Verão (T. R. OKE e G. B. MAXWELL, 1975).

No entanto, o ritmo diurno é variável de cidade para cidade. Por exemplo, L. C. NKEMDIRIM e P. TRUCH (1978) encontraram em Calgary um máximo de intensidade da ilha de calor no início da manhã e outro máximo secundário por volta da meia-noite. Na cidade do México a intensidade máxima ocorre antes do nascer do Sol (E. JAUREGUI, 1987).

Em certos casos verifica-se uma tendência para a cidade se encontrar mais fresca durante o dia do que o espaço rural envolvente, com o aparecimento de uma "ilha de frescura" (T. R. OKE, 1982), como constataram D. J. UNWIN (1980) em Birmingham na Primavera e no Verão e T. J. CHANDLER (1965) em Londres.

Tal como salienta M. J. ALCOFORADO (1992, p. 160) "o ritmo estacional da variação da intensidade da ilha de calor urbano nem sempre é evidenciado pelos dados disponíveis". Se numas cidades esta é maior durante o Inverno, noutras é um fenómeno particularmente sensível no Verão, tal como a autora sintetiza através de alguns exemplos extraídos da bibliografia.

Para além de apresentar um ritmo diurno e anual, há quem evidencie até a existência de um ritmo semanal (E. N. LAWRENCE, 1971), questão muito discutível particularmente se se atender a que a magnitude da ilha de calor depende fortemente das condições de tempo (T. J. CHANDLER, 1960; D. J. UNWIN, 1980; N. GANHO, 1995d, 1995e; M. A. ALMENDROS e A. LÓPEZ GÓMEZ, 1995). Normalmente o fenómeno forma-se e intensifica-se sob condições de tempo anticiclónico, com céu limpo e vento fraco e, como demonstrou D. O. LEE (1975) para a ilha de calor de Londres, com forte estabilidade da atmosfera, condições que se conjugam no sentido do rápido arrefecimento nocturno do espaço rural que envolve a cidade (J.-J. BAIK, 1992). Pelo contrário, perante situações de tempo

perturbado, com nebulosidade e vento, o arrefecimento diferenciado cidade-campo é atenuado ou anulado e consequentemente a ilha de calor é pouco marcada ou desaparece.

Existindo por influência directa das cidades, é natural que a magnitude das diferenças de temperatura entre estas e os arredores dependa também da dimensão das aglomerações.

Para cidades norte americanas e europeias, T. R. OKE (1973) encontrou uma relação linear directa entre a intensidade da ilha de calor e a população urbana. Posteriormente (T. R. OKE, 1982), achando que a utilização da variável populacional não era a maneira mais eficiente de explicar o fenómeno, equacionou-o através de outras variáveis relacionadas com a geometria urbana - o *sky-view-factor* ou ocultação do horizonte e a relação altura dos edifícios/largura da rua - obtendo, do mesmo modo, relações directas, mas não lineares.

H.-S. PARK (1987) estabeleceu o mesmo tipo de correlações para um conjunto de aglomerações japonesas e coreanas, introduzindo, para além da dimensão populacional, outros parâmetros como o *sky-view-factor* e a percentagem de superfície impermeável, tendo chegado a resultados idênticos.

A este propósito S. YAMASHITA (1991) sintetiza as relações entre ilha de calor e urbanização, considerando quatro estádios de urbanização aos quais se associam diferentes características e intensidades do campo térmico urbano.

As relações directas entre ilha de calor e dimensão das cidades pressupõe que o crescimento destas ao longo do tempo seja acompanhado de uma intensificação das diferenças de temperatura cidade-campo, tal como verificou S.-I. HSU (1984) a partir do estudo da variação secular da ilha de calor de Phoenix ou J. LEVINSKA (1987) para a cidade de Cracóvia.

No entanto, outros factores podem interferir nesta dinâmica, como assinala T. J. CHANDLER (1964a, p. 171) ao afirmar suspeitar que "em Londres (...) as intensidades da ilha de calor são menos dependentes do crescimento da cidade do que de alterações no clima regional" e que se a *City* de Londres pudesse ser removida para uma área rural, mantendo exactamente a sua morfologia urbana, não se verificaria nenhuma alteração significativa na intensidade média da ilha de calor.

Tais afirmações dão o mote para que se destaque um dos factores mais fortemente condicionantes da intensidade e dinâmica temporal e espacial da ilha de calor - para além do contexto topográfico em que se insere a cidade, a que adiante se fará referência (ponto 3.) -, que é a morfologia ou geometria urbana (I. ELIASSON, 1990/91, 1993a, 1993b; S. YAMASHITA *et al.*, 1986). Por exemplo, quando

T.R. OKE (1973) encontrou relações lineares directas entre a dimensão populacional urbana e a intensidade da ilha de calor, mas com diferentes equações das rectas entre as correspondentes às cidades norte-americanas e europeias, a causa está na diferente morfologia urbana entre estes dois grupos de cidades, especialmente no contraste geométrico entre os respectivos C.B.D. ou "Centros". Muitas vezes, a regeneração, implicando alterações na geometria dos edifícios e das ruas, de áreas mais antigas da cidade, como os seus "Centros", provoca nítidas alterações na intensidade e ritmo da ilha de calor (F. FEZER, 1990), assim como a implementação de qualquer projecto urbanístico numa área, até aí, não urbanizada, gera necessariamente o aparecimento de uma ilha de calor com características próprias.

2.2. A influência higrométrica

Quando se pensa na influência urbana na humidade atmosférica, há que fazer a distinção clara entre aquilo que se passa com a humidade relativa e com a humidade absoluta. Alguns autores debruçaram-se sobre o assunto, com particular destaque para os trabalhos de T. J. CHANDLER (1962a, 1965 e 1967a), D. O. LEE (1991) ou K. D. HAGE (1975).

Nas cidades, excluindo as localizadas em áreas desérticas, a impermeabilização da superfície e a escassez de vegetação, implica uma diminuição da quantidade de água transferível para a atmosfera por evapotranspiração, relativamente ao espaço não urbano envolvente. No entanto, há que contar com a emissão de vapor de água de origem antrópica, nomeadamente pela indústria, pela circulação e pelo aquecimento dos interiores dos edifícios (D. L. SISTERSON e R. A. DIRKS, 1978). Muitas actividades industriais, emitem para a atmosfera grandes quantidades de água, uma vez que, os processos de combustão, especialmente envolvendo hidrocarbonetos, têm como produto final a água (H. E. LANDSBERG, 1981). Assim, a uma redução da evapotranspiração real opõem-se as emissões antrópicas de vapor de água.

Por outro lado, há ainda que contar com a existência da ilha de calor, que ao implicar temperaturas mais elevadas na cidade do que no espaço não urbano envolvente, aumenta localmente a evapotranspiração potencial, reduz o ponto de saturação e aumenta a espessura da termoconvecção, a que se junta o efeito acrescido da convecção dinâmica determinada pela rugosidade da superfície, ou seja, pelo maior atrito. A este propósito, refira-se que o aumento da convecção torna mais "profunda" a "camada de mistura", desfavorecendo a concentração de humidade.

Associadas a estas causas, ao espaço urbano correspondem normalmente menores valores de humidade rela-

tiva, mas relativamente à humidade absoluta nem sempre isso acontece.

Por exemplo, H. E. LANDSBERG e T. N. MAISEL (1972) referem 4% de redução de humidade relativa em Londres e estimam que metade deste valor é reflexo da ilha de calor e o resto atribuído ao déficite de evapotranspiração.

T. J. CHANDLER (1967a), para Londres refere que as maiores diferenças de humidade relativa correspondem a noites de Verão, quando a ilha de calor é mais intensa. Para Leicester, em 3 dias de observação em Agosto, encontrou diferenças de humidade relativa desfavoráveis à cidade de 10 a 18%. No entanto, refere que há uma evidência clara de que as humidades absolutas nocturnas, tanto em Londres como em Leicester, são frequentemente maiores na cidade do que no campo próximo, sugerindo a existência de "ilhas de humidade" durante a noite.

D. O. LEE (1991) efectuou um estudo que envolvia medidas de tensão de vapor, em Londres, 4 vezes por dia, durante 10 anos e concluiu que a atmosfera urbana é mais húmida durante a noite, ao longo de todo o ano, assim como também durante o dia no Inverno e Primavera. Só no Verão e durante o dia a atmosfera londrina é mais seca do que o espaço não urbano envolvente.

Já relativamente a Paris, G. ESCOURROU (1991) aponta para menores valores urbanos, tanto de humidade absoluta como de humidade relativa, embora com maiores diferenças no Verão.

K. D. HAGE (1975), baseado na comparação de dados referentes a dois aeroportos, um rural e outro urbano, num período de 13 anos, de rápido crescimento da cidade de Edmonton (Canadá), conclui que esta é, no Verão, quanto à humidade relativa, sempre mais seca, a todas as horas do dia, com um máximo de 10% durante a tarde. Relativamente à humidade absoluta, continua a ser mais seca de dia, mas de noite a cidade é mais húmida. Na estação fria, tanto a humidade relativa, como a humidade absoluta são sempre maiores na cidade do que no espaço não urbano próximo.

Mesmo para uma cidade de pequenas dimensões, como é Chapel Hill (Carolina do Norte), R. J. KOPEC (1973) encontrou valores de pressão de vapor no espaço urbano maiores do que no espaço não urbano envolvente, durante a noite e princípio da manhã, falando, à semelhança de CHANDLER em "ilha de humidade".

Para contextos climáticos muito diferente dos anteriores, Y. R. ADEBAYO (1987b), num período de 20 anos (1961-80) comparou os dados de uma estação meteorológica rural com duas estações meteorológicas urbanas da cidade de Ibadan (Nigéria), concluindo que a humidade relativa é sempre menor na cidade, com diferenças nulas às 9h e de 10% às 15h na estação húmida, e de 3-6% às 9h

e 12-17% às 15h na estação seca. Por outro lado não evidenciou qualquer tendência temporal para um aumento das diferenças de humidade relativa cidade-campo, provocado pelo crescimento urbano, no período de 20 anos analisado, ao contrário do que aconteceu com outros investigadores.

É o caso de M. P. PATERSON (1973) que, comparando a evolução da humidade relativa em Sidnei de 1930-35 para 1963-70, verificou uma diminuição clara dos seus valores em função do crescimento da cidade, a par de um aumento da visibilidade, tal como R. C. BALLING Jr. e S. W. BRAZEL (1987), que constataram que o rápido processo de urbanização de Phoenix, nas últimas décadas, aparece associado a uma diminuição do ponto de orvalho e da humidade relativa e a um aumento da evapotranspiração potencial.

Em Portugal, o único estudo à escala topoclimática onde a problemática da distribuição espacial da humidade em meio urbano é abordado, foi feito por A. MONTEIRO (1993a e 1993b), para a cidade do Porto. Através de observações itinerantes efectuadas de automóvel, durante a noite (23-0h ou 0-1h), em Abril, Agosto, Setembro e Novembro, a autora conclui que na maior parte dos dias analisados a cidade apresenta maior humidade absoluta do que a estação meteorológica de referência (Porto-Serra do Pilar), o que se compreende atendendo à sua localização periférica e sobreelevada. No entanto, o núcleo central da cidade, em todos os exemplos referidos, apresenta menores valores de humidade absoluta do que as áreas imediatamente adjacentes, não se tratando, por isso, de uma "ilha de humidade", mas de uma "ilha de secura" coincidente com a "ilha de calor".

T. R. OKE (1992) sintetiza as diferenças de humidade absoluta entre o espaço urbano e o espaço não urbano, com base no que os estudos feitos para cidades das médias latitudes sugerem: ao espaço urbano correspondem menores valores de humidade absoluta durante o dia, mas durante a noite a cidade apresenta humidade absoluta mais elevada, permitindo falar em "ilha de humidade" nocturna, consequência especialmente do jogo entre a inibição da evapotranspiração do campo por mais acentuado arrefecimento nocturno e persistência do fluxo de humidade antrópica na cidade. Estas condições são mais características de Verão, já que, em climas de Inverno frio, a "ilha de humidade" urbana pode ser uma constante, mesmo durante o dia, devido à reduzida evapotranspiração rural com o solo coberto de neve e dormência da vegetação, em contraste com a emissão de vapor de água para a atmosfera urbana por combustão antrópica ligada à indústria e ao aquecimento.

Com facilidade se pode deduzir que este modelo raramente se aplica a cidades de clima mediterrâneo, como o

nosso, onde, a existir uma "ilha de humidade" dificilmente se mantém durante o dia.

2.3. A influência na ambiência atmosférica

A influência urbana na temperatura do ar e na humidade atmosférica determina, como se viu, contrastes termohigrométricos espaciais, à escala local, cujos efeitos se manifestam, entre muitos outros aspectos relacionados com o clima, nomeadamente na ambiência atmosférica, com consequências bioclimáticas. Estas consequências manifestam-se quer na saúde, física ou psíquica (M. J. ALCOFORADO, 1991b, 1992c; A. MONTEIRO e E. VELHAS, 1995; J.-P. BESANCENOT, 1986, 1995; P. ESCOURROU, 1988), quer no conforto ou desconforto térmico dos indivíduos utentes deste espaço, importante objecto de variados estudos, uns com carácter mais geral (A. MISSENERD 1959; F. H. ROHLES Jr., 1974 e 1977; R. G. STEADMAN, 1979), outros aplicados a climas temperados (C. R. FREITAS, 1979, 1985, 1987, 1990; G. R. MCGREGOR, 1993), a maioria incidindo sobre os efeitos do *stress* térmico em climas quentes (R. DOGNIAUX, 1970; R. J. DEAR, 1989; R. J. DEAR e K. G. LEOW, 1990; R. J. DEAR *et al.* 1991a, 1991b, 1991c; M. MPOUNZA, 1992; A. F. HENSCHHEL, 1964; P. PAGNEY e J.-P. BESANCENOT 1982; K. M. PUVANESWARAN, 1991). Podem ainda manifestar-se até, por exemplo, em contrastes espaciais na ambiência atmosférica propícia à deflagração de incêndios florestais em espaços verdes urbanos (N. GANHO, 1994).

Uma vez que estas sensações do organismo humano são determinadas - para além de outros elementos como a insolação e o vento - pelo binómio temperatura-humidade do ar, contrastes termohigrométricos espaciais são também, e consequentemente, contrastes bioclimáticos. Atendendo a que uma parte destes contrastes são determinados pela cidade, à qual correspondem normalmente temperaturas mais elevadas do que as que se observam no espaço não urbanizado envolvente - ilha de calor urbano - e humidade relativa mais baixa - ilha de secura urbana - os seus efeitos no conforto bioclimático são consequência do clima urbano e a sua análise tem que se inserir neste contexto (H. E. LANDSBERG, 1981; G. ESCOURROU, 1991; F. ARROYO ILERA e F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1991; A. LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993b; F. FERNÁNDEZ GARCIA, 1995).

Do ponto de vista bioclimático, o efeito da ilha de calor reflecte-se de forma diferente, para um mesmo clima consoante a estação do ano e as condições de tempo vigentes, e entre diferentes tipos climáticos. Assim, em climas temperados, na estação fria ou em climas frios, a existência de uma ilha de calor reduz a sensação de desconforto provocada pelo frio, muito embora este efeito seja mínimo se se tratar de temperaturas muito baixas. Por

outro lado, se associada à ilha de secura, torna o frio mais suportável.

Pelo contrário, tratando-se de climas quentes ou na estação quente de climas temperados, especialmente em condições de "vaga de calor" (D. B. GILES *et al.*, 1990), a ilha de calor, agrava as situações de desconforto, especialmente durante a noite, quando é mais intensa e a ilha de secura mais incipiente, uma vez que o calor é tanto menos desconfortável quanto mais seco (J. R. MATHER, 1974; J. E. OLIVER, 1981).

Em suma, os efeitos bioclimáticos da ambiência atmosférica da conjugação ilha de calor-ilha de secura urbanas, são espacial e temporalmente diversificados do ponto de vista dos juízos positivos ou negativos para o conforto ou desconforto humano, também porque dependem de uma outra variável interveniente e influenciada pela urbanização: o vento.

2.4. A influência na circulação do ar

Quando se analisa a influência urbana sobre o vento, ou na circulação local do ar, como lhe queiramos chamar, há que fazer a distinção entre o que se passa sobre a área urbanizada, e no interior do tecido urbano, ou seja, entre o *urban boundary-layer* e o *urban canopy-layer*.

Ao passar sobre a cidade (*boundary-layer*), devido ao aumento da rugosidade da superfície (sinónimo de atrito) relativamente ao espaço não urbanizado, a velocidade do vento diminui até um limite crítico, abaixo do qual aumenta devido ao efeito da turbulência provocada pelo incremento do gradiente térmico vertical associado à ilha de calor. R. D. BORNSTEIN e D. S. JOHNSON (1977), para a cidade de Nova Iorque referem um limite crítico de 4m/s. J. H. SHREFFLER (1979a) encontrou um processo semelhante de aceleração da circulação do ar sobre a cidade de St. Louis em presença de ventos sinópticos fracos, consequência da dominância do efeito da ilha de calor sobre o atrito. J. K. ANGEL *et al.* (1973), em Oklahoma City, notaram que este processo de aceleração do vento, em situações de circulações sinópticas fracas, é de 0.4m/s e que se prolonga até 10km do centro da cidade, a jusante da corrente, a 400m de altitude.

Para além das alterações na velocidade do vento sobre a cidade, verificam-se simultânea e consequentemente desvios de direcção dos fluxos. D. O. LEE (1977) sumariza estas informações referindo as conclusões a que chegaram vários investigadores. Assim, com ventos fortes, o efeito de atrito da cidade diminui a velocidade do vento e origina um desvio ciclónico na direcção dos fluxos, enquanto que com ventos fracos, a aceleração do fluxo sobre a cidade, provocada pela ilha de calor, traduz-se num desvio anticiclónico, efeitos observados em Nova

Iorque (R. D. BORNSTEIN e D. S. JOHNSON, 1977) e Columbus (J. K. ANGEL *et al.*, 1971 e 1973). R. R. DRAXLER (1986), para Washington confirma o desvio anticiclónico com vento fraco, na ordem de 1°/km, um aumento da velocidade do vento de 17% e um restabelecimento da direcção do fluxo a jusante da cidade.

A convecção térmica ou turbulência determinada pela ilha de calor, traduzida por uma variância na velocidade das correntes verticais 50% superior à do espaço não urbano de St. Louis (J. M. GODOWITCH, 1986), em situações de fracas circulações sinópticas, para além do desvio anticiclónico e aceleração do fluxo, traduz-se, nos níveis mais baixos do *boundary-layer*, numa convergência do vento em direcção ao centro da cidade, de carácter pulsar, especialmente durante a noite, com uma periodicidade de 1.30' a 2h no caso de St. Louis (J. H. SHREFLER, 1979b).

Ao nível do *urban-canopy-layer*, a convergência do ar é também um facto, a que alguns autores atribuíram a designação de "brisa de campo" (B. F. FINDLAY e M. S. HIRT, 1969; G. ESCOURROU, 1986b, 1991; T. R. OKE, 1992, 1995), induzida pela baixa pressão relativa associada à ilha de calor que "aspira" o ar do espaço não urbano envolvente, também de uma forma "pulsar" relacionada com a turbulência, que aumenta a frequência de rajadas de vento em comparação com o campo próximo (H. E. LANDSBERG, 1981). Estas golfadas de ar que, com periodicidade penetram mais intensa e profundamente o tecido urbano, sob a forma de "invasões frontais", têm repercussões no comportamento intra-nocturno da ilha de calor: cada vez que ocorrem, a magnitude da ilha de calor atenua-se, voltando a intensificar-se, até que se repita novamente o fenómeno, muito bem ilustrado por H. E. LANDSBERG (1981, p. 134, fig. 6.4.) citando A. SCHMAUSS (1925), para a cidade de Munich.

Não obstante este tipo de circulação induzida, o facto é que no interior das cidades a velocidade do vento é, em média, menor do que no campo próximo. D. O. LEE (1979), referindo vários autores (H. E. LANDSBERG, 1956; T. J. CHANDLER, 1965; R. E. MUNN, 1970; H. W. GEORGI, 1970), refere uma diminuição na ordem de 20-30%. Refere também que, não obstante, sob determinadas condições atmosféricas e durante a noite, a velocidade do vento pode ser maior, quer sobre a cidade como já foi referido, quer no interior do tecido urbano, em comparação com o espaço não urbano envolvente. Este facto prende-se, por um lado com o desenvolvimento do mecanismo de brisas, por outro com o efeito que a própria geometria urbana exerce sobre o vento, seja induzido, seja sinóptico. Ao penetrar no interior do tecido urbano, o vento é canalizado pelas ruas, e, como acontece com todos os fluidos quando se verifica um estreitamento da secção transversal do fluxo, aumenta de velocidade: é o chamado

efeito de Venturi (G. ESCOURROU, 1991). Assim, no interior do *canopy-layer*, a circulação do ar sofre alterações de direcção e velocidade, de carácter muito local e solidário com as características do tecido e morfologia urbanas. Inclusivamente, a uma escala de grande pormenor, em relação com diferenças de ocupação do solo no interior do tecido urbano (existência de rios, de lagos ou de espaços verdes), ou de modificações na morfologia urbana (largura das ruas, praças ou espaços abertos), provocam pequenas diferenças de temperatura (I. ELIASSON, 1992) responsáveis por circulações induzidas de carácter muito localizado (A. J. WHITEN, 1956; G. ESCOURROU, 1991), em direcção a locais mais quentes.

2.5. A influência na qualidade do ar

Por se tratar de um problema interveniente a diferentes escalas - da escala global à escala local - com consequências climáticas e sobre os ecossistemas em geral, e a saúde do Homem em particular, a poluição atmosférica é um dos objectos privilegiados de investigação, por diversificados domínios científicos, nomeadamente a meteorologia e a climatologia, porque fortemente relacionada (em relação biunívoca) com as condições atmosféricas. Por outro lado, dependente em grande parte de fontes emissoras de origem antrópica, que se concentram nos espaços urbanos, a qualidade do ar e a poluição atmosférica são assuntos inerentes à climatologia urbana e, a par da ilha de calor, dos mais prolíficos em termos de bibliografia. Refira-se, para além dos manuais de climatologia urbana ou de topoclimatologia onde o clima urbano é tratado, já por diversas vezes citados (B. W. ATKINSON, 1985; G. ESCOURROU, 1991; F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1995; H. E. LANDSBERG, 1981; T. R. OKE, 1987) e onde o assunto é sempre objecto de um dos capítulos, toda uma diversidade de artigos científicos. Uns abordando o problema de um ponto de vista mais geral (J.-A. HERTIG, 1993; K. W. NICKOLSON e J. R. BRANSON, 1993; H. WANNER e J.-A. HERTIG, 1984; L. COIN, 1970; G. ESCOURROU, 1988b), outros do ponto de vista químico (J. H. SEINFELD, 1989), outros incidindo nas fontes poluidoras (A. BARDESCHI *et al.*, 1991; M. PARRY, 1970; G. THIBAUT, 1988) e redes de medição (J. BOUQUIAUX e J. GRANDJEAN, 1970), nos aspectos médicos (J. LAFONTAINE, 1970), legislativos (S. HALTER e J. LAFONTAINE, 1970), preventivos (I. GUGIUMAN, 1976), nos riscos (F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1996), nas relações com a geometria urbana (T. J. LYONS *et al.*, 1990) e como componente do ordenamento urbano (M. NEIBURGER, 1970). A principal preocupação, no entanto, no conjunto de artigos consultados sobre esta temática, é a das condições atmosféricas (A. LONGHETTO *et al.* 1992; C. A. COMRIE e B. YARNAL, 1992; M. L. SÁNCHEZ *et al.*, 1990;

L. C. NKEMDIRIM, 1991; M. NEIBURGER 1969; T. Y. CHANG *et al.*, 1980; M. E. BERLJAND, 1970; D. RONDIA, 1970; F. H. SCHMIDT, 1970; A. HUFTY, 1970), ou topoclimáticas (T. GOTOH, 1993; F. M. VUKOVICH *et al.*, 1979), intervenientes na concentração ou dispersão de poluentes. E a maioria são estudos feitos para grandes cidades, onde os problemas assumem maior gravidade, como Atenas (D. K. PISSIMANIS, *et al.*, 1991; D. AISMAKOPOULOS *et al.*, 1992; D. P. LALAS, *et al.*, 1982, 1983), Barcelona (P. L. CLAVERO, 1990), Madrid (F. FERNÁNDEZ GARCÍA e E. GALÁN, 1995), Paris (P. LAMELOISE, 1988; Y. MOULLEC, 1988), Cairo (K. T. HINDY, *et al.*, 1990), Cidade do México (E. JAUREGUI, 1992), ou Los Angeles (J. M. LENTS e W. J. KELLY, 1993), entre outras, embora pequenas cidades, particularmente cidades suíças, sejam objecto de relevantes estudos (H. WANNER e J.-A. HERTIG, 1984; H. WANNER *et al.*, 1986), pela importância que aí assume a topografia como factor interveniente na poluição.

Em Portugal, do ponto de vista geográfico, o assunto foi tema especificamente de uma tese de mestrado, já referida (H. J. N. ANDRADE, 1994), para Lisboa, ou abordado num dos capítulos das teses de M. J. ALCOFORADO (1988, 1992a) e A. MONTEIRO (1993a), respectivamente para Lisboa e Porto, ou ainda, objecto de alguns artigos de A. MONTEIRO (1989a, 1989b), também relativos à cidade do Porto, e de D. B. FERREIRA (1991), para Lisboa.

"Considera-se a atmosfera poluída quando a sua composição é substancialmente diferente da do ar puro, devido a um aumento dos seus componentes habituais, ou por modificação qualitativa da sua composição" (M. J. ALCOFORADO, 1992a, p. 167), pelo aparecimento de "novos" elementos e fumos.

Os principais poluentes da atmosfera urbana são o dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de azoto (NO, NO₂), o monóxido de carbono (CO), o ozono (O₃), os peroxiacetilnitratos (PAN), hidrocarbonetos (Hc) e partículas em suspensão (fumos). Uns, como NO e CO são poluentes primários porque emitidos directamente da fonte. Outros, porque formados na atmosfera por interacções químicas dos poluentes primários com outros componentes atmosféricos, são poluentes secundários. É o caso do NO₂ que resulta da oxidação do NO, do O₃ que surge por acção da radiação solar sobre o NO₂ e é o caso dos PAN, que surgem de um conjunto de reacções fotoquímicas em cadeia na presença de Hc (C. KIRBY, 1995; T. R. OKE, 1987).

As principais fontes antropogénicas dos poluentes primários são os motores de explosão, por exemplo, dos veículos automóveis (fumos, CO, Hc, NO), a combustão doméstica, por exemplo, para aquecimento (fumos, SO₂), a queima de combustíveis fósseis (SO₂, CO, Hc, NO) e a

produção industrial (fumos, CO, NO) e de energia eléctrica (fumos, SO₂).

Os processos de transformação dos poluentes primários, por intermédio de um conjunto de reacções químicas complexas, em cadeia, e na presença de condições atmosféricas favoráveis, implicando forte humidade relativa ou forte radiação solar, estão na origem, de dois tipos característicos de *smog*, respectivamente o *smog* sulfuroso e o *smog* fotoquímico, de que se apresenta uma síntese na figura 2.

Mais importante, do ponto de vista geográfico, do que os processos químicos de transformação dos poluentes, é a análise dos factores intervenientes na concentração ou dispersão dos poluentes atmosféricos, e que condicionam a qualidade do ar na cidade e que estão na base dos episódios de poluição atmosférica. Tais factores, necessariamente dependentes das quantidades de emissões, para além da localização das aglomerações urbanas no contexto morfológico local e regional, em última análise relacionam-se com as condições atmosféricas. As variáveis meteorológicas intervenientes na concentração ou dispersão dos poluentes são o gradiente térmico vertical da baixa troposfera e a velocidade do vento à superfície. Inversões térmicas à superfície ou com o nível basal muito baixo, sinónimo de estratificação térmica estável, inibem ou limitam a espessura da camada de mistura o que, conjugado com vento fraco, favorecem a concentração de poluentes. Segundo F. FERNÁNDEZ GARCIA e E. GALÁN (1995), na base dos graves episódios de poluição em Londres e Los Angeles estão condições de forte estabilidade e fraca ventilação. D. M. ELSOM e T. J. CHANDLER (1978) apontam a velocidade do vento, o gradiente térmico e a altura da camada de mistura como os factores determinantes nas concentrações diárias de fumos e de NO₂ em Manchester.

Através de modelização numérica e para Los Angeles, M.-K. LIU *et al.* (1976) estudaram as relações entre concentrações atmosféricas de CO, NO, NO₂ e O₃, e parâmetros como a velocidade do vento, a difusividade vertical, a profundidade da camada de mistura, a intensidade de radiação e as taxas de emissão. Concluíram que as concentrações destes poluentes são mais sensíveis para a velocidade do vento e taxas de emissão do que para a profundidade de mistura e difusividade vertical, e que, relativamente aos poluentes NO e O₃ a intensidade de radiação é um importante parâmetro que afecta a sua concentração.

Nos modelos de dispersão de poluentes, uma das classificações mais correntes é a de PASQUILL, que estabelece 6 categorias de estabilidade (A a F, ou seja, de "muito instável" a "muito estável") em função da insolação diurna, da nebulosidade nocturna e da velocidade do vento

Smog Sulfuroso	CONDIÇÕES: forte concentração SO ₂ + elevada humidade relativa
SO ₂ + H ₂ O ---> H ₂ SO ₃	A oxidação do dióxido de enxofre origina trióxido de enxofre; O dióxido e o trióxido de enxofre dissolvem-se nas gotículas de água existentes na atmosfera originando respectivamente ácido sulfuroso e ácido sulfúrico (acidez forte e chuvas ácidas)
2SO ₂ + O ₂ ---> 2SO ₃	
SO ₃ + H ₂ O ---> H ₂ SO ₄	
(Ex: Londres, Dezembro 1952, 4-5 dias ---> 4000 mortos)	
Smog Fotoquímico	CONDIÇÕES: forte concentração NO ₂ e Hc + elevada radiação solar
NO ₂ + rad. UV ---> NO + O	Ciclo fotolítico do NO ₂ por si só não determina a concentração de O ₃ porque este, na presença de NO, imediatamente é consumido mas
O + O ₂ ---> O ₃	
O ₃ + NO ---> NO ₂ + O ₂	
Hc + O ---> HcO*	na presença de hidrocarbonetos, um conjunto de reacções fotoquímicas em cadeia origina um cocktail fotoquímico formado por aldeídos, ozono e PAN, facilmente identificável pelo odor característico, pela cor acastanhada, e pelos efeitos de irritação dos olhos e da garganta
HcO* + O ₂ ---> HcO ₃ *	
HcO ₃ * + NO ---> HcO ₂ * + NO ₂	
HcO ₃ * + Hc ---> aldeídos, etc	
HcO ₃ * + O ₂ ---> O ₃ + H ₃ O ₂ *	
HcOx* + NO ₂ ---> PAN	
(nitrato de peroxiacetilo)	
(Ex: Los Angeles)	

Fig. 2 - Processos de transformação dos poluentes, responsáveis pelos smogs fotoquímico e sulfuroso. (Adaptado de T. R. OKE, 1987, pp. 318-319).

à superfície, ou 7 categorias de estabilidade crescente (A a G) em função do gradiente térmico vertical (F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1995, p. 233, quadros 13.2. e 13.3.).

É fácil concluir que os parâmetros intervenientes na concentração de poluentes atmosféricos, para além do tipo de tempo, variam com a estação do ano e com a hora do dia, como o fizeram R. A. MULLER e A. L. JACKSON

(1985) para Shreveport (Louisiana) relativamente à espessura da camada de mistura. D. P. LALAS, *et al.* (1982), baseados no estudo dos valores médios diários de concentração de SO₂ na atmosfera, em 6 locais de Atenas, no período de 1974 a 1979, mostraram que os parâmetros que a controlam variam entre a estação fria e a estação quente: velocidade do vento, temperatura mínima e

quantidade de precipitação na estação fria, e velocidade e direcção do vento, e humidade relativa na estação quente. F. FERNÁNDEZ GARCÍA (1995, p. 235, fig. 13.4) mostra como varia, ao longo de 36h e sob condições de "tempo estável", a estrutura das camadas inferiores da troposfera: durante o dia, a "profundidade" da camada de mistura é maior uma vez que se prolonga até ao solo, enquanto que, durante a noite, os seus níveis inferiores são substituídos por uma inversão térmica de superfície.

A estes factores atmosféricos intervenientes na concentração de poluentes, juntam-se os efeitos termodinâmicos da própria cidade. Por exemplo, P. L. CLAVERO (1990) concluiu que inversões térmicas baixas produzidas por anticiclones, ao impedirem a convecção, favorecem a concentração de poluentes nos níveis mais baixos da troposfera em contacto com o solo, mas que a situação é agravada pela obstrução exercida pela densidade do tecido urbano de Barcelona na circulação horizontal do ar. T. R. OKE (1995, p. 84, fig. 2) mostra como variam, comparativamente, ao longo do dia (00-24h) e em condições ideais de "bom tempo", a espessura da camada de mistura e da inversão térmica entre o espaço urbano e o espaço rural. Durante a noite, a inversão térmica rural é mais espessa do que a inversão térmica urbana, consequência da ilha de calor, e a camada de mistura rural, inexistente, enquanto que a camada de mistura urbana, embora pouco espessa, continua a existir devido à ilha de calor (convecção térmica) e ao atrito (convecção dinâmica). Durante o dia, a par do desaparecimento da inversão térmica de superfície, a camada de mistura atinge a maior espessura à hora de maior aquecimento e, consequência do fluxo de calor sensível associado à ilha de calor, é mais espessa sobre o espaço urbano do que sobre o espaço não urbano. No entanto, porque é no espaço urbano que se concentram as fontes emissoras de poluentes, a maior possibilidade de dispersão vertical dos poluentes numa camada mais espessa, não contribui para aumentar a qualidade do ar, até porque, o acréscimo da termoconvecção induzida pela ilha de calor, induz circulações compensatórias de superfície, já atrás referidas, com efeitos na concentração de poluentes: as brisas de campo.

Poder-se-ia pensar que as brisas de campo, constituídas por ar "limpo" que invade a cidade, contribuiriam para uma diminuição da concentração de poluentes e melhoria da qualidade do ar. Se nalguns casos tal pode acontecer, a realidade é que, segundo G. ESCOURROU (1986b, 1991), as brisas de campo acentuam a poluição no centro de Paris, e os fortes episódios de poluição atmosférica nesta cidade estão associados a fenómenos de brisa, o que tem a ver com o facto de se tratar de uma circulação convergente para o centro, limitando assim a dispersão lateral. Opiniões idênticas têm T. J. CHANDLER (1978) ao referir

que quando a ilha de calor é intensa a circulação local de superfície, centrípeta, encoraja a dispersão vertical de poluentes, em detrimento da dispersão horizontal, ou T. R. OKE (1995) ao afirmar que a tendência geral da cidade a induzir convergência é em detrimento da qualidade do ar, mas que não existe uma resposta universal para este problema e que aspectos particulares como a topografia, o clima e a localização das fontes emissoras criam circunstâncias individuais.

A uma escala de maior pormenor, próxima da fronteira microclimática, ao nível de análise de uma rua, os processos de concentração ou dispersão de poluentes independem-se dos factores intervenientes à escala da totalidade da aglomeração e do *urban-boundary-layer*, tudo dependendo da direcção do vento (G. ESCOURROU, 1991). Circulações sinópticas ou de carácter local paralelas à rua e por ela canalizadas, podem sofrer uma aceleração local (*efeito de Venturi*) e contribuir assim para a dispersão de poluentes. Pelo contrário, circulações transversais criam turbilhões de eixo horizontal e paralelo à rua, "aprisionando" os poluentes, aumentando a sua concentração e diminuindo a qualidade do ar.

2.6. A influência na precipitação⁸

Sendo embora um assunto ainda controverso, cujos "resultados obtidos até agora não permitem estabelecer padrões homogêneos de comportamento entre as diferentes cidades" (F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1995, p. 260), conclusões de numerosas investigações levadas a cabo com o intuito de esclarecer o problema "evidenciam um incremento da precipitação nas áreas urbanas em comparação com os espaços rurais envolventes" (H. E. LANDSBERG, 1981, p. 187), com exemplos observados cientificamente, pelo menos desde os anos 1920, nomeadamente na cidade de Munique (R. GEIGER, 1980, p. 507), e sistematicamente estudados nas três últimas décadas para inúmeras aglomerações urbanas. Com particular destaque refira-se St. Louis, cidade escolhida como objecto de um vasto programa de investigação - METROMEX - iniciado em 1971 (S. A. CHANGNON, Jr. *et al.* 1976; F. A. HUFF e J. L. VOGEL, 1978; J. L. VOGEL e F. A. HUFF, 1978; S. A. CHANGNON Jr., 1978, 1979; R. R. BRAHAM Jr. e D. WILSON, 1978; R. R. BRAHAM Jr., 1979). Mas também outras, como Chicago (S. A. CHANGNON Jr., 1968, 1980), Washington (R. P. HARNACK e H. E. LANDSBERG, 1974; A. B. PITTOCK, 1977), Tóquio (T. YONETANI, 1982), ou outras cidades japonesas (T. SEKIGUTI e TAMIYA, H, 1970), Londres (B. W. ATKINSON, 1970, 1971), Paris (J.

⁸ Versão alargada do ponto 1. da Introdução do texto da publicação N. GANHO, 1998a.

DETTWILLER, 1970b; J. DETTWILLER e S. A. CHANGNON, Jr., 1976), e Madrid (F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1990), a que aqui se faz referência apenas como exemplos.

Em cidades como estas, de maiores dimensões, o aumento pluviométrico de origem urbana estima-se em 10 a 15% (G. ESCOURROU, 1991, p. 83; A. LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993b, p. 27), mas os valores encontrados variam significativamente de cidade para cidade e diferem com a estação do ano. S. A. CHANGNON Jr. (1969, p. 419) sumariza as diferenças de precipitação urbano-rural, em percentagem, para algumas cidades dos Estados Unidos, em função da época do ano e do tipo de precipitação. A título de exemplo, relativamente aos quantitativos de precipitação anual, do semestre quente e do semestre frio, citam-se, respectivamente, alguns dos valores apresentados por CHANGNON: Chicago - 5, 4 e 6%; La Porte - 31, 30 e 33%; Washington - 7, 6 e 9%; Nova Iorque - 16, 12 e 20%; St. Louis - 7% de valor anual, sem dados suficientes para estabelecer comparações sazonais.

Estes valores testemunham tanto uma diversidade anual, como uma diferenciação intra-anual entre cidades: em Chicago e La Porte os contrastes são maiores no semestre quente, em Washington e Nova Iorque, pelo contrário, intensificam-se no semestre frio.

É claro que, a partir de situações pontuais, ou de amostragens incidindo num restrito número de ocorrências, ou de estudos mais recentes, ou utilizando diferentes metodologias, os resultados podem ser diferentes. Para St. Louis, F. A. HUFF e J. L. VOGEL (1978) referem um aumento de precipitação relativamente ao campo de 30 a 35%, e S. A. CHANGNON Jr. (1978) um aumento de 3 a 330% de ocorrências de granizo e de 35 a 100% de chuva forte. O mesmo autor, S. A. CHANGNON Jr. (1980), indica, para o centro de Chicago, um incremento de precipitação de 15%. Relativamente a Paris, St. Louis e Chicago, J. DETTWILLER e S. A. CHANGNON, Jr. (1976), apresentam incrementos de precipitação urbana de 19 a 38% na estação quente e pouco significativos na estação fria. G. ESCOURROU (1990), confirma o ritmo intra-anual dos efeitos de Paris sobre os quantitativos de precipitação.

Não se pode deixar de referir, aqui, um exemplo clássico e controverso: o da localidade de La Porte, situada a SSE da área metropolitana de Chicago, a barlavento de um grande complexo industrial, para a qual, S. A. CHANGNON Jr. (1968), baseado na análise de dados do período de 1951-65, refere diferenças de 31% de precipitação, 38% de trovoadas e 246% de ocorrências de granizo, relativamente às localidades próximas, consequência do efeito atmosférico do complexo industrial. Tais valores foram postos em causa por B. G. HOLZMAN (1971), chamando-lhe "a falácia de La Porte", e relacionando tais

anomalias pluviométricas com modificações nos métodos de medição entre 1927 e 1964.

Independentemente da diversidade de valores que se possam encontrar entre diferentes cidades e para a mesma cidade entre distintas situações, não deixa de haver unanimidade científica quanto ao aumento local da precipitação por indução urbana.

As causas apontadas para o aumento urbano da precipitação (H. E. LANDSBERG, 1981; G. ESCOURROU, 1991), quer em quantidade, quer em número de ocorrência de episódios pluviosos, são variadas e inter-relacionadas, mas devem-se essencialmente a um aumento local do gradiente térmico vertical da camada limite por efeito da ilha de calor, muitas vezes coincidente com uma ilha de humidade absoluta, com a consequente intensificação de situações de instabilidade vertical da troposfera e da termoconvecção. A este efeito associa-se a influência dinâmica da rugosidade da superfície das aglomerações urbanas sobre os fluxos sinópticos instáveis, em cidades localizadas em áreas planas e com predomínio de construção em altura. A estas causas associa-se ainda o aumento do teor em suspensões sólidas na atmosfera urbana o que implica uma maior disponibilidade em núcleos de condensação e de congelação, assunto que, no entanto, é mais discutível. H. SHAFIR e P. ALPERT (1990), por exemplo, citando J. R. EAGLEMAN *et al.* (1972), referem que grandes cidades como Nova Iorque emitem para a atmosfera excessivas quantidades de núcleos de condensação, o que reduz a precipitação, enquanto que em cidades mais pequenas o aumento da quantidade de núcleos de condensação pode ser o adequado para resultar num incremento da precipitação.

Seja como for, os efeitos urbanos na precipitação acabam por ser mais sensíveis em cidades de grandes dimensões e, frequentemente, fazem-se sentir mais intensamente nas áreas da cidade a jusante da corrente onde se integram as células pluviosas, constituindo aquilo que se pode denominar de "máximo pluviométrico" de origem urbana. J. L. VOGEL e F. A. HUFF (1978), para St. Louis, localizam este máximo pluviométrico 25 a 30 km a NE da cidade, S. A. CHANGNON Jr. (1978), localiza-o a 40 km da mesma aglomeração e refere (S. A. CHANGNON Jr., 1979) que a quantidade de chuva a sotavento de St Louis é 22.7% maior do que a barlavento, tal como M. SANDERSON e R. GORSKY (1978), que referem um aumento da precipitação a jusante da corrente na área metropolitana de Detroit-Windsor.

No entanto, os efeitos pluviométricos induzidos pela urbanização são mais facilmente discerníveis em cidades de topografia aplanada, uma vez que naquelas em que a topografia é acidentada, a influência desta mistura-se ou sobrepõe-se certamente à da cidade.

3. Interferência da topografia no clima urbano⁹

O estudo do clima urbano de numerosas cidades com características diferentes permite, por um lado, definir leis gerais dos fenómenos urbanos mas, por outro, salienta toda uma diversidade de situações decorrentes das características particulares de cada cidade, do ponto de vista da morfologia urbana e, principalmente, do contexto topográfico local. A topografia é, pois, um parâmetro de importância considerável em climatologia urbana. Embora referido, de forma mais ou menos aprofundada, em numerosos trabalhos incidindo sobre cidades para as quais se fizeram estudos de climatologia urbana (Y. GOLDREICH, 1971, 1979a, 1979b; Y. GOLDREICH *et al.*, 1981b; L. C. NKEMDIRIM, 1980; R. D. PATERSON e K. D. HAGE, 1979; F. POOLER Jr., 1963; P. D. TYSON *et al.*, 1972, 1980; H. I. ROMERO, 1986), trata-se de *case-studies*, em que o papel da topografia é diversificado e tantas vezes contraditório entre diversos casos, aumentando a dificuldade em chegar a generalizações. Por outro lado, existe toda uma variedade de manuais (R. GEIGER, 1980; M. M. YOSHINO, 1975; G. ESCOURROU, 1981; T. R. OKE, 1987) e de artigos especificamente de topoclimatologia, onde os efeitos topográficos sobre o clima local, nomeadamente sobre a temperatura (K. NAKAMURA, 1976; A. P. STURMAN, 1987; M. M. YOSHINO, 1984; M. J. ALCOFORADO, 1978), a estratificação térmica (J. R. GARRATT, 1980; K. NAKAMURA, 1980; A. H. THOMPSON, 1967), o vento e a circulação local (P. CARREGA, 1989; J. C. DORAN e T. W. HORST, 1981; K. NAKAMURA, 1985, 1989), a precipitação (F. GREGOIRE, 1989; I. REID, 1973; N. WOLFSON, 1975), e a poluição atmosférica (P.-A. BAERISWYL e G. SIERRO, 1992; A. M. BUMAN, 1993) são, muitas vezes estudados ao pormenor, mas feitos para áreas não urbanizadas e, portanto, onde os efeitos urbanos e as suas interacções com os efeitos topográficos não são contemplados.

Por isso torna-se importante fazer aqui referência ao artigo de Y. GOLDREICH (1984), onde o autor sumariza os principais aspectos da "topoclimatologia urbana", a partir da síntese de resultados e conclusões de diversificados estudos feitos para cidades onde a topografia assume um papel interveniente no clima urbano - "o objectivo deste trabalho é o de rever os progressos feitos no campo da climatologia urbano-topográfica, a partir de artigos escritos nas duas últimas décadas" (p. 337) - excluindo, no entanto, a temática da climatologia da poluição.

Segundo Y. GOLDREICH (1984, p. 337) citando T. J. CHANDLER (1964a) "a influência da topografia pode ser tão forte que a magnitude da ilha de calor acaba por depender mais da morfologia local do terreno do que do complexo urbano". Por isso, em cidades de morfologia acidentada, torna-se difícil isolar os efeitos urbano e topográfico na temperatura local. O isolamento da contribuição térmica urbana exige frequentemente a eliminação das influências da topografia, comparando apenas estações meteorológicas à mesma cota, ou calculando temperaturas potenciais estandardizadas para um único nível, ou ainda utilizando modelos de regressão para calcular os gradientes térmicos verticais. A utilização destas metodologias, já praticada em diversas cidades como São Francisco, Reading, Montreal, Vancouver, Calgary, Pretória, Joanesburgo ou Durban, por diferentes investigadores, referidos por Y. GOLDREICH (1984), no entanto, é discutível e nem sempre eficaz, e mais ainda tratando-se da humidade atmosférica. Relativamente às precipitações é difícil discernir a quota-parte da influencia urbana e orográfica no incremento das precipitações, embora existam documentadas tentativas, utilizando modelos numéricos (F. A. HUFF e J. L. VOGEL, 1978; M. R. HJELMFELT, 1982; H. SHAFIR e P. ALBERT, 1990), mas cujos resultados acabam por ser ainda incipientes.

O clássico arrefecimento induzido pela altitude é um fenómeno que à escala topoclimática nem sempre acontece, tudo dependendo das condições de tempo. Normalmente, com condições nocturnas de céu limpo e vento fraco, o que se verifica é o desenvolvimento de estratificações térmicas estáveis (inversões térmicas) que se traduzem por um aumento da temperatura com a altitude. Como consequência, cidades com uma localização sobre-elevada relativamente às áreas limítrofes, experimentam uma intensificação da ilha de calor por efeito da topografia, muito para além do efeito térmico induzido exclusivamente pela aglomeração urbana, como acontece, por exemplo em Joanesburgo (P. D. TYSON *et al.*, 1972; Y. GOLDREICH, 1992). Aqui, em noites de inverno, de forte inversão térmica, o centro da cidade encontra-se 11°C mais quente do que os vales dos subúrbios setentrionais da cidade, mas, eliminando o efeito da altitude, a intensidade estimada da ilha de calor é de apenas 5°C (Y. GOLDREICH, 1970). O sobreaquecimento por conjugação dos efeitos urbano e topográfico tem as suas consequências higrométricas, nomeadamente na diminuição da humidade relativa e então, a par da intensificação da ilha de calor, verifica-se uma intensificação da ilha de secura.

O desenvolvimento de inversões térmicas nocturnas por irradiação é reforçado pela drenagem do ar arrefecido pela base ao longo dos vales e a sua acumulação em áreas

⁹ Versão tematicamente alargada e aprofundada do ponto 1.2. do capítulo III de N. GANHO, 1992, pp. 89-91, que se restringia à "interferência da topografia no campo térmico urbano".

deprimidas. Assim, em cidades localizadas em vales ou áreas deprimidas verifica-se uma inibição da ilha de calor e consequente atenuação da ilha de secura. Por outro lado, a atenuação do gradiente térmico vertical associado à ilha de calor por estas advecções catabáticas frias, intensifica as inversões térmicas baixas e inibe a expansão vertical da pluma térmica urbana, tal como foi verificado para Calgary (L. C. NKEMDIRIM, 1980), uma aglomeração situada na base das Rochosas canadianas. A inibição da expansão vertical da pluma térmica, da termoconvecção que a caracteriza e da espessura da camada de mistura, dificulta a dispersão de poluentes e diminui a qualidade do ar. Por exemplo, a localização da Cidade do México numa bacia rodeada de montanhas, mal ventilada e com grande frequência de inversões térmicas de superfície na estação fria, ajuda a restringir a dispersão de fumos negros (E. JAUREGUI, 1992) e tem a sua quota-parte de responsabilidade na grande incidência e intensidade dos episódios de forte poluição atmosférica, como em Atenas (D. AISMAKOPOULOS *et al.*, 1992) ou em Madrid (F. FERNÁNDEZ GARCÍA e E. GALÁN, 1995).

A topografia pode, em determinadas condições, nomeadamente quando o vento sinóptico corre perpendicularmente às formas deprimidas (vales ou bacias pouco amplas), criar um efeito de abrigo, que se traduz por uma intensificação da ilha de calor e da ilha de secura para além do que permitiria a velocidade do vento. Veja-se, por exemplo, a deslocação do núcleo da ilha de calor de Lisboa para a Baixa e a sua intensificação em dias de Verão com vento de Norte (M. J. ALCOFORADO, 1992a, p. 198 e fig. 6.13), por efeito de abrigo criado pela topografia e pela cidade, ou a deslocação para um vale perpendicular à direcção do vento e intensificação do núcleo da ilha de calor de Coimbra em situações estivais de "nortada" forte (N. GANHO, 1995e, p. 41 e fig. 8), também por efeito de abrigo topográfico.

Nestas situações de efeito de abrigo topográfico, por défice de arejamento, são criadas condições inibidoras da dispersão de poluentes e consequentemente de diminuição da qualidade do ar.

Se, pelo contrário, as circulações de carácter sinóptico ou catabático se fazem paralelamente aos vales, podem por eles ser canalizadas e aceleradas, atenuando os contrastes térmicos e higrométricos de origem urbana (ilha de calor e ilha de secura) e melhorando as condições de dispersão horizontal e vertical (aumento da espessura da camada de mistura por destruição da estratificação térmica estável e incremento da turbulência dinâmica por atrito com a superfície) dos poluentes.

No entanto, em áreas de grandes desníveis (na ordem das centenas de metros) os fluxos catabáticos podem sofrer grande aceleração por gravidade e aquecimento

adiabático (de acordo com o gradiente adiabático seco: $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), criando assim intensas inversões térmicas baixas, de origem dinâmica, e fortes contrastes termohigrométricos entre as áreas atingidas pelo fluxo subsidente e as áreas dele abrigadas. Y. GOLDREICH (1984) refere I. Y. ASHWELL (1967/8) e L. C. NKEMDIRIM *et al.* (1977) a propósito de Calgary, onde fluxos catabáticos subsidentes (*Chinook*, denominação local para o efeito idêntico ao do *Foehn* alpino) ao longo de fortes declives orientais das Rochosas, induzem inversões térmicas nocturnas baixas, de origem dinâmica, que limitam verticalmente a camada de mistura sobre a cidade, ou penetram-na e atingem directamente a cidade, mas não os arredores abrigados, provocando contrastes térmicos de 20°C , confundidos com a magnitude da ilha de calor, mas que nada têm a ver com o efeito urbano, mas sim com o factor advecção induzido pela topografia.

Fenómeno idêntico está documentado para uma madrugada estival em Coimbra (N. GANHO, 1995e, pp. 46-47, fig. 21). Localizada nos contrafortes e sopé de uma elevação que se ergue imediatamente a Leste da cidade, que ultrapassa os 500m de altitude (Serra do Roxo: 510m), grande parte da urbanização estende-se por cotas inferiores a 100m (20m nas margens do Mondego). Trata-se então de um desnível total de quase 500m numa curta distância horizontal (5 a 6km) que, com condições meteorológicas favoráveis, gera fluxos catabáticos nocturnos de forte intensidade, canalizados pela topografia, que atingem directamente os sectores orientais da cidade, aquecendo-os e gerando contrastes térmicos entre estes e os sectores ocidentais, mais baixos e abrigados do fluxo subsidente, que atingem 12°C . O padrão térmico nestas situações de tão acentuadas diferenças de temperatura numa área espacialmente restrita, nada tem a ver com o efeito térmico urbano encontrado noutras condições meteorológicas em noites de Verão (N. GANHO, 1992, 1995b, 1995d, 1995e), mas com particularidades climáticas determinadas pelo contexto morfológico da área.

Em geral, se nas áreas directamente afectadas por estes intensos fluxos catabáticos é favorecida a dispersão horizontal de poluentes, já nas áreas próximas e abrigadas, a estratificação térmica estável gerada pelo balanço térmico local sem a intervenção da componente advecção, sobreposta por uma forte inversão de subsidência dinâmica criada pelo fluxo catabático, gera intensos gradientes térmicos verticais inversos que, associados à fraca ventilação, limita a dispersão vertical e horizontal de poluentes, criando localmente fortes riscos de poluição.

A topografia gera também interacções entre as brisas de vale ou de declive e as brisas de campo induzidas pela cidade. Por exemplo, em cidades localizadas em áreas deprimidas, as circulações descendentes nocturnas tradu-

zem o escoamento do ar arrefecido pela base e simultaneamente o efeito "atractivo" da ilha de calor, sendo portanto e ao mesmo tempo, brisas de vale e de campo. Em cidades localizadas em posição sobre-elevada, o efeito da ilha de calor reforça a ascendência diurna da brisa de vale. Durante a noite, se a circulação centrípeta induzida pela cidade for suficientemente intensa, a brisa de vale, normalmente descendente, pode ser substituída por um fluxo ascendente que traduz a brisa de campo.

Há, no entanto, situações em que, embora se continue a verificar o escoamento nocturno do ar arrefecido pela base ao longo dos vales, este fluxo pode transportar consigo, para as áreas deprimidas periurbanas, os efeitos térmicos da ilha de calor e da pluma térmica urbana, tornando-as mais quentes do que seria de esperar atendendo à sua posição topográfica. Este efeito é referido por Y. GOLDREICH (1979a, 1984) relativamente a um vale (*Bezuidenhout Valley*) que drena, para Leste, o ar do centro de Joanesburgo, e que é conseqüentemente mais quente que os vales do sector Norte da cidade e inclusive do que um dos seus tributários.

Relativamente a Coimbra, um processo semelhante foi já insinuado (N. GANHO, 1995a) ao comparar-se a evolução dos contrastes térmicos entre duas estações meteorológicas, uma no centro da mancha de povoamento urbano (Instituto Geofísico da Universidade - IGU) mas em posição topográfica sobre-elevada (141m), a outra na periferia Norte-ocidental da cidade (Escola Superior Agrária de Bencanta - BEN), num contexto topográfico deprimido (33m) e no enfiamento de um importante vale (vale de Coselhas), que para aí drena o ar proveniente das vertentes, agora urbanizadas, do sector setentrional da cidade. De entre as várias conclusões deste estudo, uma foi a da atenuação significativa das diferenças de temperatura mínima média, anual e mensal, entre o IGU e Bencanta (IGU-BEN) entre 1971 e 1990, consequência de um aumento de temperatura mínima muito mais acentuado em Bencanta do que no IGU. Este último aspecto é interpretado como consequência da contaminação térmica, pela crescente urbanização das áreas de origem e percurso do ar, que durante a noite se escoam para Bencanta e aí se acumulam. Por outras palavras, por uma canalização crescente do efeito térmico urbano para este espaço periurbano, fomentada pela topografia.

Para além destes aspectos, há ainda que fazer referência à importância que o efeito da exposição dos declives pode criar nos contrastes termohigrométricos espaciais e interferir na dinâmica espacial da ilha de calor. Y. GOLDREICH (1984), aponta discordâncias relativamente a este assunto, referindo nomeadamente os casos de Bellingham, Washington, estudada por R. W. Fonda *et al.* (1971), onde a exposição a Oeste do centro da cidade

afecta a intensidade da ilha de calor, e Joanesburgo (Y. GOLDREICH, 1971), onde as diferenças térmicas entre diferentes exposições das vertentes são insignificantes.

Do que se referiu relativamente à influência da topografia, se deduz a necessidade de analisar e interpretar o clima urbano sempre em função do seu contexto geográfico, o que à topografia junta outros aspectos, a uma escala de maior pormenor, como é, a ocupação diferenciada do solo no interior do próprio tecido urbano.

4. A componente climática no ordenamento urbano e a importância do conhecimento do clima urbano

"Resultante de uma arbitragem mais ou menos racional entre vontades divergentes, a concepção dos tecidos urbanos é sempre o resultado de um compromisso realizado na base de critérios múltiplos e talvez contraditórios: económicos, políticos, sociais, ambientais, culturais, estéticos; os dados relativos ao clima local têm, hoje, um peso nas escolhas dos urbanistas [e] a referência à ambiência climática na planificação urbana faz-se não só no sentido de uma melhor gestão da energia, mas é também e sobretudo, um importante factor de melhoria da qualidade de vida urbana" (J.-P. TROCHE, 1986, p. 17-18).

Em Portugal, a integração da componente climática no ordenamento urbano é hoje, ainda, uma prática muito pouco corrente. Os poucos trabalhos de âmbito geográfico feitos no domínio específico da climatologia urbana, a que já atrás se fez referência (M. J. ALCOFORADO, A. MONTEIRO, A. M. S. LOPES, H. J. N. ANDRADE ou N. GANHO) - e a que agora se junta um outro, não de climatologia urbana, mas onde aspectos topo-climáticos foram contemplados numa perspectiva de aplicação ao urbanismo (A. C. ALMEIDA, 1988) - embora com uma aplicação potencial, não foram elaborados no contexto de qualquer plano de ordenamento urbano, integrados numa equipa pluridisciplinar, onde a componente climática seja analisada com a necessária ligação a outros aspectos de natureza ambiental e humana intervenientes nos processos de urbanização ou de reconversão urbana.

A consulta de alguns artigos elaborados por autores não geógrafos e trabalhando, de uma forma mais teórica ou com carácter mais aplicado, no domínio do planeamento, e versando a temática de integração da componente ambiental (M. R. PARTIDÁRIO, 1993), da informação biofísica (J. P. FERNANDES, 1993), ou da informação geográfica física (J. M. PORTUGAL, 1990, 1992), no planeamento, gestão e ordenamento do território, a diferentes escalas, mostra o quanto a componente climática é ignorada ou remetida para um plano demasiado subsidiário

relativamente a outros aspectos físicos, nem por isso mais importantes para o objectivo fundamental do ordenamento urbano: a melhoria da qualidade de vida dos utentes do espaço.

Mesmo "além fronteiras", segundo A. BITAN (1992, p. 314), cientistas como H. E. LANDSBERG (1986), T. R. OKE (1986, 1988), R. D. BORNSTEIN (1986), B. GIVONI (1976, 1989, 1992), V. OLGAY (1973), H. LAUMANN (1982), J. EVANS e S. SCHILLER (1991), entre muitos outros, estudam o clima urbano, quer do ponto de vista teórico, quer na perspectiva da sua aplicação, alguns até como consultores científicos em projectos específicos de planeamento urbano, mas muito poucos estiveram já envolvidos no planeamento urbano climático e ambiental de todo um complexo urbano, desde a fase de selecção do sítio, passando pela preparação das linhas mestras do plano, pelo plano de pormenor de diferentes usos do solo, à fase de desenho do edifício individual.

Há, no entanto, bons exemplos de projectos de planeamento urbano onde o clima foi um dos aspectos fundamentais considerados nos projectos de urbanização. A. BITAN (1992) refere os casos da cidade de *Ma'ale Adumim*, em Israel, para a qual, uma equipa de climatólogos, nos anos 70, determinou a melhor localização climática em função de variáveis como o vento, a radiação solar, a temperatura e o *stress* térmico, entre outras, ou do bairro de *Pizgat Ze'ev*, em Jerusalém, em que a maior parte dos edifícios foram planeados tendo em atenção a frequência de fortes ventos na área. O próprio A. BITAN (1974) descreve um estudo topoclimático em que participou, feito na área do Vale do Jordão e do Mar Morto, com o objectivo de ajudar os planeadores a encontrar a melhor localização de novas urbanizações, em função do índice de desconforto temperatura-humidade (ITH). Ou um estudo de carácter muito prático e aplicado ao ordenamento urbano, elaborado por investigadores da Universidade de Liège e descrito por A. HUFTY (1965), que estudaram o planalto de *Sart Tilman*, nos arredores de Liège, para a implantação racional da disposição e construção dos edifícios da nova Universidade e onde o vento como variável climática mereceu uma atenção privilegiada. Ou ainda, a caracterização climática da ilha de *Hainan* (Sul da China), num contexto topográfico movimentado, em função de contrastes espaciais de variáveis como o vento, a temperatura e a precipitação, com o único objectivo da sua aplicação ao planeamento urbano deste espaço (S. YANG, 1991). Estes, entre muitos outros exemplos¹⁰, demonstram a

¹⁰ Um exemplo que não encontrei referido em qualquer das fontes bibliográficas consultadas, mas que foi amplamente divulgado pelos "telejornais" dos diferentes canais de televisão portuguesa, no início de Dezembro de 1997, a propósito da Conferência do Ambiente em Kyoto e a que aqui faço referência

importância e a necessidade de integração da componente climática no ordenamento urbano e o interesse prático de que se reveste o estudo do clima urbano.

Do ponto de vista teórico e geral, os estudos de climatologia aplicada ao ordenamento urbano, devem, antes de mais, começar pela caracterização do clima da área de intervenção, do ponto de vista dos regimes de diversas variáveis climáticas, observadas em uma ou mais estações meteorológicas da cidade, correspondentes a períodos longos, de pelo menos de 30 anos, mas se possível incidindo sobre séries seculares (100 ou mais anos), para que se consigam detectar eventos climáticos de ocorrência estatística secular.

Interessa pois conhecer os regimes climáticos do ponto de vista dos valores ditos "normais" mas, também e principalmente, dos valores extremos, aqueles que maiores condicionalismos impõem ao normal decorrer das actividades humanas, que mais interferem na qualidade ambiental dos utentes do espaço urbano e que potencialmente, põem em risco a segurança de pessoas e bens. A este propósito, cada vez mais o problema dos riscos naturais em meio urbano - onde a vulnerabilidade dos cidadãos é maior, não só porque é aí que se concentram, como também porque é aí que o equilíbrio do meio é mais fortemente alterado por acção antrópica - faz parte das preocupações dos investigadores e dos planeadores. Sobre este tema veja-se, por exemplo, a importante síntese que faz F. REBELO (1994), um dos primeiros investigadores em Portugal a falar concretamente em "riscos naturais" e em salientar a importância da Geografia Física aplicada ao ordenamento e gestão dos riscos. E os riscos naturais em meio urbano, tirando os riscos sísmicos e vulcânicos, como são os riscos de inundações e movimentação de vertentes (I. AMARAL, 1968; F. REBELO, 1978, 1991; F. REBELO e A. G. B. RAPOSO, 1988; N. GANHO *et al.*, 1992;

a título meramente informativo, é o da cidade de *Langchung*, no centro da China. Trata-se de uma cidade na base das montanhas de *Suepao Ting*, situada numa bacia rodeada de colinas, onde a muita indústria pesada e altamente poluente que aí existe, em função do contexto topográfico da cidade, provoca fortes e longos episódios de poluição atmosférica. Para diminuir a poluição atmosférica através do aumento das condições de "arejamento" local, começaram já trabalhos, que se prolongarão por 2 anos, de remoção de 30 milhões de m³ de terra das colinas envolventes, com o objectivo de diminuir a sua altitude em 150m e abrir "corredores" entre elas para que o ar possa circular e fomentar a dispersão dos poluentes ("Telejornais" da RTP1, TV2 e SIC, 9/12/97). Trata-se, no entanto, de uma acção interveniente no clima local fortemente contestada uma vez que, para alguns, seria menos oneroso converter a indústria pesada noutro tipo menos poluente, ou removê-la dali. Fica o curioso exemplo.

ROCHA, J. S., 1995) têm a montante causas meteorológicas. Então, os riscos hidrogeomorfológicos são também riscos climáticos e assim devem ser encarados, numa perspectiva integradora, embora o papel do climatólogo seja o de os analisar e inventariar de *per-si*, para além de o fazer também para os riscos que são exclusivamente de origem climática: riscos de poluição atmosférica, de *stress* bioclimático, de geada ou gelo, etc. (J. OLCINA, 1994; A. MONTEIRO, 1994, 1995; F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1996; M. A. ALMENDROS e F. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1996; N. GANHO, 1994, 1996a, 1996b).

Especificando, faz-se em seguida uma sucinta inventariação das variáveis e dos aspectos mais importantes a ter em consideração na análise dos regimes climáticos de uma estação meteorológica, numa perspectiva pessoal da sua aplicação ao urbanismo.

a) *Radiação solar*: deve dar-se especial atenção aos regimes intra e interanuais do ponto de vista da sua variabilidade, para um eventual aproveitamento como energia alternativa para o aquecimento.

b) *Razão de insolação*: estando intimamente relacionada com o regime da nebulosidade, deve ser estudada em paralelo com esta segunda variável climática, dando especial atenção à análise de sequências de dias de fraca razão de insolação, cujos efeitos têm repercussões no bem estar psíquico dos cidadãos.

c) *Temperatura*: devem-se privilegiar os valores máximos e mínimos diários, as amplitudes térmicas diárias, mas principalmente os valores extremos, do ponto de vista de probabilidades de ocorrência ao longo de cada década do ano, bem como de permanência em sequências de dias de valores muito elevados ou muito baixos. Esta análise permite determinar a incidência estatística de situações de formação de geada ou de gelo, que, nalguns tipos climáticos regionais mais frios podem condicionar a circulação rodoviária na cidade, e permite também gerir correctamente as necessidades de isolamento térmico dos edifícios, e de equipamentos e energia necessários para aquecimento e refrigeração dos interiores.

d) *Humidade relativa*: o estudo dos seus regimes assume particular interesse do ponto de vista da frequência estatística de ocorrência e permanência, ou de muito elevados valores de humidade relativa, pelos efeitos negativos que tem na saúde, ou, quando cruzado com o dos regimes da temperatura, de incidência e duração de períodos de elevados valores de temperatura-humidade, que vai determinar diferentes graus de desconforto bioclimático e situações de *stress* térmico.

e) *Vento*: na análise desta variável assume particular importância a definição das direcções dominantes, da direcção a que estão associadas com mais frequência as

maiores velocidades médias horárias e as maiores rajadas, e da direcção a que estão associadas as mais baixas temperaturas, bem como a frequência de ocorrência de situações de "calma" e sua incidência intradiurna. Só este tipo de análise tem aplicação ao urbanismo, nomeadamente para a definição da disposição de edifícios, edificação de pontes, atenuação de situações de desconforto para os peões, dinâmico ou determinado pelo binómio temperatura-vento (*Windchill*) e prevenção de riscos de poluição atmosférica.

f) *Precipitação*: a preocupação prioritária deve ser a de determinar as probabilidades de ocorrência de determinados limiares de quantitativos de precipitação em 24h e em períodos mais curtos de, até 1h. Esta caracterização das intensidades, a par com o estudo estatístico das sequências de dias com precipitação, é determinante na gestão dos riscos de inundação e de movimentação de vertentes, que será feita, a jusante, pelos especialistas em hidrogeomorfologia e cindínica¹¹, e pela adequação das infra-estruturas de escoamento das águas pluviais.

Em domínios climáticos que o justifiquem, no capítulo da precipitação, é também importante a caracterização estatística das ocorrências de neve e sua permanência no solo, pelos condicionalismos que impõe aos transportes rodoviários.

Estas variáveis climáticas, localmente, em espaço urbanizado, em função de factores como a topografia, a ocupação urbana diferenciada do solo e a morfologia urbana, apresentam variações e contrastes espaciais, por vezes significativos, como em páginas anteriores se referiu, que constituem o objecto de investigação da climatologia urbana, e cujo conhecimento é fundamental para o ordenamento urbano. Também neste caso, e numa abordagem pessoal, se inventariam sucintamente alguns dos aspectos do clima urbano de maior relevância para aplicação ao urbanismo.

a) *Campo térmico*: é de primordial importância evidenciar o padrão térmico médio, identificar a ilha de calor urbano, a localização do(s) núcleo(s), a determinação da intensidade, do regime intradiurno e da dinâmica espacial, em função de diferentes condições de tempo, bem como, de "lagos de ar frio" e suas inter-relações com a ilha de calor.

b) *Campo higrométrico*: dando especial atenção à humidade relativa e ao seu comportamento espaço-temporal em relação com o comportamento do campo térmico e da ilha de calor, o que permite evidenciar con-

¹¹ Ramo da Geografia Física, de origem muito recente, dedicada especificamente à investigação dos riscos naturais (L. FAUGÈRES, 1991; G.-Y. KERVERN e P. RUBISE, 1991).

trastes espaciais de conforto ou desconforto bioclimático, identificando as áreas de maior *stress* térmico.

c) *Campo de insolação*: determinar, com base nas coordenadas altura e azimute do Sol, ao longo do dia, de cada dia do ano, em função da orientação e declive das vertentes, os contrastes espaciais de condições de insolação, evidenciando áreas favorecidas ou desfavorecidas relativamente a esta variável, com possibilidade da sua extrapolação para quantitativos de radiação solar, aspecto de primordial importância para a sua utilização como energia alternativa. A uma escala de maior pormenor, em função da geometria urbana, utilizar o mesmo tipo de abordagem metodológica para determinação das áreas de sombra das edificações urbanas, o que condiciona a adequação do tipo de materiais de construção e da cor em função dos seus comportamentos radiativos, e de aspectos arquitectónicos dos edifícios, por parte dos arquitectos e engenheiros que trabalham a jusante desta análise microclimática.

d) *Campo de vento*: à escala topoclimática, em função do relevo, há que determinar as áreas onde, para o vento sinóptico, ou para circulações de origem catabática rápidas, se verificam efeitos de abrigo ou efeitos de aceleração dos fluxos, bem como áreas de drenagem e acumulação nocturna de ar frio, e identificar e caracterizar as circulações induzidas pela cidade, com o objectivo fundamental de evidenciar as suas interações com o tecido urbano, ao nível do *canopy-layer* e do *boundary-layer*. Deste modo será possível delimitar as áreas favoráveis à acumulação de poluentes, condicionando a localização de indústrias poluentes, para fora das áreas de incidência de inversões térmicas radiativas e de escoamentos catabáticos, ou a montante dos fluxos dominantes relativamente a áreas urbanizadas, para onde seriam transportados os poluentes.

A uma escala de maior pormenor, a interacção das circulações locais, de origem sinóptica, catabática ou induzida, com o tecido urbano, deverá ser estudada com o objectivo de adequar a geometria urbana (orientação e largura das ruas, disposição e altura dos edifícios, etc.) a um aumento da dispersão de poluentes, do conforto bioclimático dos peões, diminuindo os efeitos dinâmicos do vento, o *stress* térmico e o *windchill*.

e) *Campo de precipitação*: determinar a distribuição espacial dos quantitativos e da intensidade das precipitações em função da direcção e características pluviogénicas dos fluxos onde se integram as células pluviosas, localizando os máximos pluviométricos de origem urbana ou topográfica e quantificando a sua intensidade, com o objectivo de planificar adequadamente e de forma espacialmente diferenciada, os sistemas de drenagem, a distância das edificações urbanas e o traçado das vias de

circulação relativamente às linhas de água e aos respectivos leitos de inundações de periodicidade secular.

É claro que todo este tipo de abordagem terá que ser feito na fase do projecto de urbanização de um determinado espaço, a par com os especialistas de outras valências científicas intervenientes no processo de urbanização e sintetizando as conclusões da investigação climática através de *cartografia topoclimática* devidamente e claramente legendada, e acompanhada da respectiva notícia explicativa. S. LINDQVIST e J. MATSSON (1988, 1989), ou S. LINDQVIST (1991), apresentam excelentes exemplos de cartografia topoclimática, devidamente descrita, explicada e claramente legendada, aplicada ao ordenamento urbano a diferentes escalas (da totalidade de uma aglomeração ao plano de pormenor), para algumas cidades suecas, com particular incidência na área de Gotemburgo, e que constituem importantes documentos exemplificativos daquilo que se deve fazer em climatologia urbana aplicada.

BIBLIOGRAFIA:

- ACKERMAN, B. (1985) - "Temporal march of the Chicago heat island". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24, pp. 547-554.
- ADEBAYO, Y. R. (1987a) - "A note on the effect of urbanization on temperature in Ibadan". *Journal of Climatology*, 7, pp. 185-192.
- ADEBAYO, Y. R. (1987b) - "The effect of urbanization on some characteristics of relative humidity in Ibadan". *Journal of Climatology*, 7, pp. 599-607.
- ADEBAYO, Y. R. (1990) - "Aspects of the variation in some characteristics of radiation budget within the urban canopy of Ibadan". *Atmospheric Environment*, 24-B, 1, pp. 9-17.
- AIDA, M. (1982) - "Urban albedo as a function of the urban structure - a model experiment (Part I)". *Boundary-Layer Meteorology*, 23, pp. 405-413.
- AISMAKOPOULOS, D.; DELIGIORGI, D.; DRAKOPOULOS, C.; KOKKORI, K.; LALAS, D.; SIKIOTIS, D.; VAROTSOS, C. (1992) - "An experimental study of nighttime air pollutant transport over complex terrain in Athens". *Atmospheric Environment*, 26-B, 1, pp. 59-71.
- ALCOFORADO, M. J. (1978) - "Reflexões metodológicas em Climatologia regional e local (Aspectos térmicos)". *Finisterra*, 13, 25, pp. 108-120.
- ALCOFORADO, M. J. (1986) - "Contribution to the study of Lisbon's heat island. Analysis from an infra-red image". *International Symposium on Urban and Local Climatology*, Freiburg, pp. 165-176.

- ALCOFORADO, M. J. (1987a) - "Brisas estivais do Tejo e do oceano na região de Lisboa". *Finisterra*, 22, 43, pp. 71-112.
- ALCOFORADO, M. J. (1988) - *O clima da região de Lisboa - Vento, insolação e temperatura*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 543 p.
- ALCOFORADO, M. J. (1989) - "Representativité temporelle des mesures itinerantes. Exemple de Lisbonne". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 2, pp. 69-74.
- ALCOFORADO, M. J. (1991a) - "Influence de l'advection sur les champs thermiques urbains à Lisbonne". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, pp. 29-35.
- ALCOFORADO, M. J. (1991b) - "Influência do tempo no desencadeamento de crises de dispneia em doentes respiratórios". *Finisterra*, 26, pp. 105-115.
- ALCOFORADO, M. J. (1992a) - *O Clima da Região de Lisboa - Contrastes e ritmos térmicos*. Memórias do C.E.G., Lisboa, 15, 347p.
- ALCOFORADO, M. J. (1992b) - "Lisbon's thermal patterns". *Actas 27º Congreso Internacional de Geografía*, Pennsylvania.
- ALCOFORADO, M. J. (1992c) - "L'influence du temps atmosphérique sur l'apparition de certains troubles respiratoires à Lisbonne". *Risques Pathologiques, Rythmes et Paroxysmes Climatiques*, pp. 147-156.
- ALCOFORADO, M. J. (1994) - "L'extrapolation spatiale des données thermiques en milieu urbain". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 7, pp. 493-502.
- ALCOFORADO, M. J. (1996) - "Comparaison des ambiances bioclimatiques estivales d'espaces verts de Lisbonne". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 9, pp. 273-280.
- ALCOFORADO, M. J. (1998) - "Estudos de clima urbano em Portugal". *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*, Ed. Parteluz, Madrid, pp. 41-66.
- ALCOFORADO, M. J.; DIAS, M. H. (1994) - "Cartografia temática no ordenamento biofísico. A propósito de um projecto de investigação sobre Lisboa". *Cartografia e Cadastro*, 1, pp. 3-8.
- ALCOFORADO, M. J.; DAVEAU, S.; LOPES, A.; BAUMGARTNER, M. (1995) - "Regional thermal patterns in Portugal using NOAA AVHRR infrared images". *Finisterra*, 29, pp. 100-114.
- ALCOFORADO, M. J.; TABORDA, J. P. (1997) - "O clima de Évora. Contrastes térmicos locais". *A cidade de Évora. Boletim de Cultura da Câmara Municipal*, 2ª Série (no prelo).
- ALMEIDA, A. C. (1988) - "O concelho de Anadia. Do Cértima ao rebordo montanhoso - Um contributo de Geografia Física para o urbanismo". *Cadernos de Geografia*, 7, pp. 3-85.
- ALMENDROS, M. A.; LÓPEZ GÓMEZ, A. (1995) - "La isla de calor en Madrid y las situaciones sinópticas". *Estudios Geográficos*, 56, 219, pp. 207-221.
- ALMENDROS, M. A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1996) - "La precipitación y el viento como riesgos climáticos urbanos: el caso de Madrid". *Territorium*, 3, pp. 25-34.
- AMARAL, I. (1968) - "As inundações de 25/26 de Novembro de 1967 na região de Lisboa". *Finisterra*, 3, 5, pp. 79-84.
- ANDRADE, H. J. N. (1994) - *Poluição Atmosférica e Clima em Lisboa - Aspectos da variação espacial e temporal no semestre de Inverno*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Regional apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 214p.
- ANDRADE, H.; LOPES, A. (1998) - "A utilização de um SIG para a estimação das temperaturas em Lisboa". *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*, Ed. Parteluz, Madrid, pp. 85-91.
- ANGELL, J. K.; PACK, D. H.; DICKSON, C. R.; HOECKER, W. H. (1971) - "Urban influence on nighttime airflow estimated from tetron flights". *Journal of Applied Meteorology*, 10, pp. 194-204.
- ANGELL, J. K.; HOECKER, W. H.; DICKSON, C. R.; PACK, D. H. (1973) - "Urban influence on a strong day time air flow as determined from tetron flights". *Journal of Applied Meteorology*, 19, pp. 924-936.
- ARLÉRY, R. (1970) - "Aspects climatiques de l'urbanisme". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 379-383.
- ARROYO ILERA, F.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1991) - *Aproximación al conocimiento del confort térmico urbano de Madrid*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 268p.
- ASHWELL, I. Y. (1967/8) - "Studies of the Chinook at Calgary; a progress report". *The Albertan Geographer*, 4, pp. 45-47.
- ATKINSON, B. W. (1970) - "The reality of the urban effect on precipitation - a case study approach". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 344-362.
- ATKINSON, B. W. (1971) - "The effect of an urban area on the precipitation from a moving thunderstorm". *Journal of Applied Meteorology*, 10, pp. 47-55.
- ATKINSON, B. W. (1985) - *The Urban Atmosphere*. U.P.D.A.T.A., London, 89p.
- BAERISWYL, P.-A.; SIERRO, G. (1992) - "Evolution des concentrations d'ozone et des oxydes d'azote par situation de foehn dans une section de la vallée du Rhône en Vallais". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 5, pp. 323-333.
- BAIK, J.-J. (1992) - "Response of a stably stratified atmosphere to low level heating - An application to the heat island problem". *Journal of Applied Meteorology*, 31, pp. 291-303.
- BALLING (Jr.), R. C.; BRAZEL, S. W. (1987) - "The impact of rapid urbanization on pan evaporation in Phoenix, Arizona". *Journal of Climatology*, 7, pp. 593-597.
- BALLING (Jr.), R. C.; CERVENY, R. S. (1987) - "Long-term associations between wind speeds and the urban heat island in Phoenix, Arizona". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, pp. 712-716.
- BARDESCHI, A.; COLUCCI, A.; GIANELLE, V.; TAMPONI, M.; TEBALDI, G. (1991) - "Analysis of the impact on air quality of motor vehicle traffic in the Milan urban area". *Atmospheric Environment*, 25-B, 3, pp. 415-428.
- BARRY, R. G. e CHORLEY, R. J. (1985) - *Atmosfera, Tempo y Clima*. (trad. castelhana, 4ª ed.), Ómega, Barcelona, 500 p.

- BELINCOURT, P. (1991) - "Le cas d'une petite ville suisse: Bienne". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, pp. 7-14.
- BERLJAND, M. E. (1970) - "Meteorological factors determining the dispersion of atmospheric pollutants under urban conditions". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 196-213.
- BESANCENOT, J.-P. (1986) - "Infarctus du myocarde, saisons et climats". *Révue de Géographie de Lyon*, 74, pp. 271-281.
- BESANCENOT, J.-P. (1995) - "Pour une approche géographique des risques climathologiques". *Annales de Géographie*, 584, pp. 360-376.
- BESSEMOULIN, P. (1980) - "Urbanization et Météorologie". *La Météorologie*, 6^e série, 23, pp. 51-67.
- BITAN, A. (1974) - "Climatological aspects in locating settlements in arid regions". *Geoforum*, 20, 74, pp. 39-48.
- BITAN, A. (1992) - "The high climatic quality city of the future". *Atmospheric Environment*, 26-B, 3, pp. 313-329.
- BOKO, M. (1991) - "La pollution urbaine à Cotonou (République du Bénin, Afrique Occidentale)". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, pp. 55-61.
- BONILLO, D. L. (1992) - "Factores de la contaminación atmosférica en Tarragona". *Tarraco*, 7, pp. 31-43.
- BORNSTEIN, R. D. (1968) - "Observations of the urban heat island effect in New York City". *Journal of Applied Meteorology*, 7, pp. 572-582.
- BORNSTEIN, R. D.; JOHNSON, D. S. (1977) - "Urban-rural wind velocity differences". *Atmospheric Environment*, 11, pp. 597-804.
- BORNSTEIN, R. D. (1986) - "Urban climate models: nature, limitations and applications". *Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas. World Meteorological Organization*, 625, pp. 237-276.
- BOSELNANN, P.; ARENS, E.; DUNKER, K.; WRIGHT, R. (1995) - "Urban form and climate - Case study, Toronto". *Journal of the American Planning Association*, 61, 2, pp. 226-239.
- BOUQUIAUX, J.; GRANDJEAN, J. (1970) - "Le réseau belge de mesure journalière de la pollution urbaine". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, p. 272.
- BRAHAM (Jr.), R. R.; WILSON, D. (1978) - "Effects of St. Louis on convective cloud heights". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 5, pp. 587-592.
- BRAHAM (Jr.), R. R. (1979) - "Comments on urban, topographic and diurnal effects on rainfall in the St. Louis region". *Journal of Applied Meteorology*, 18, 3, pp. 371-375.
- BUMAN, A. M. (1993) - "Qualité de l'air et types de ventilation: problématique d'une vallée alpine, le bassin Rhodanien en valais (Suisse)". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 6, pp. 551-558.
- CALVET, C. (1985) - "L'effet thermique d'activité humaine à Paris". *La Météorologie*, 7^e série, 10, pp. 34-42.
- CALVET, C. (1986) - "Les mesures météorologiques en milieu urbain (application à Paris)". *Physio-Géo*, 16, pp. 11-16.
- CANTAT, O. (1986) - "Influence de l'urbanisation sur le climat de l'agglomération parisienne". *Physio-Géo*, 16, pp. 25-40.
- CARREGA, P. (1984) - "Note sur les micro-climats urbains de Nice; l'importance du cadre géographique". *Revue d'Analyse Spatiale*, 17, pp. 1-30.
- CARREGA, P. (1989) - "Vents et échelles de contraintes géographiques: exemples en région nicoise". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 2, pp. 83-88.
- CARRERAS, C.; MARÍN, M.; VIDE, J. M.; MORENO, M. C.; SABÍ, J. (1990) - "Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isla de calor en Barcelona". *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 17, pp. 51-77.
- CARVALHO, A. F. (1922) - *Clima de Coimbra*. Lisboa, I.N., 114 p.
- CASELLES, V.; LÓPEZ GARCÍA, M. J.; MELIÁ, J.; CUEVA, A. J. P. (1991) - "Analysis of the heat-island effect of the city of Valencia, Spain, through air temperature transects and NOAA satellite data". *Theoretical and Applied Climatology*, 43, pp. 195-203.
- CHANDLER, T. J. (1960) - "Wind as a factor of urban temperatures - a survey in North-East London". *Weather*, 15, 6, pp. 204-213.
- CHANDLER, T. J. (1962a) - "Temperature and humidity traverses across London". *Weather*, 17, 7, pp. 235-242.
- CHANDLER, T. J. (1962b) - "London's urban climate". *The Geographical Journal*, 128, 3, pp. 279-302.
- CHANDLER, T. J. (1962c) - "Diurnal, seasonal, and annual changes in the intensity of London's heat-island". *Meteorological Magazine*, 91, pp. 146-153.
- CHANDLER, T. J. (1964a) - "City growth and urban climates". *Weather*, 19, 6, pp. 170-171.
- CHANDLER, T. J. (1964b) - "An accumulated temperature map of the London area". *Meteorological Magazine*, 93, pp. 242-245.
- CHANDLER, T. J. (1965) - *The Climate of London*. Hutchinson & Co., 292 p.
- CHANDLER, T. J. (1967a) - "Absolute and relative humidities in towns". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 48, 6, pp. 394-399.
- CHANDLER, T. J. (1967b) - "Night-time temperatures in relation to Leicester's urban form". *Meteorological Magazine*, 96, pp. 244-250.
- CHANDLER, T. J. (1970a) - "Urban Climatology - Inventory and prospect". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 1-9.
- CHANDLER, T. J. (1970b) - "Urban Climatology". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 375-377.
- CHANDLER, T. J. (1976) - "Urban climatology and its relevance to urban design". *World Meteorological Organization, Technical Note 149*, 61p.
- CHANDLER, T. J. (1978) - "The bearing of the urban temperature field upon urban pollution patterns". *Atmospheric Environment*, 2, pp. 619-620.

- CHANG, T. Y.; NORBECK, J. M.; WEINSTOCK, B. (1980) - "Ambient temperature effect on urban CO quality". *Atmospheric Environment*, 14, pp. 603-608.
- CHANGNON, Jr., S. A. (1968) - "The La Porte weather anomaly - fact or fiction?". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 49, 1, pp. 4-11.
- CHANGNON, Jr., S. A. (1969) - "Recent studies of urban effects on precipitation in the United States". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 50, 6, pp. 411-421.
- CHANGNON, Jr., S. A.; SEMONIN, R. G.; HUFF, F. A. (1976) - "A hypothesis for urban rainfall anomalies". *Journal of Applied Meteorology*, 15, 6, pp. 544-560.
- CHANGNON, Jr., S. A. (1978) - "Urban effects on severe local storms at St. Louis". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 5, pp. 578-586.
- CHANGNON, Jr., S. A. (1979) - "Rainfall changes in Summer caused by St. Louis". *Science*, 205, pp. 402-404.
- CHANGNON, Jr., S. A. (1980) - "Evidence of urban and lake influences on precipitation in the Chicago area". *Journal of Applied Meteorology*, 19, 10, pp. 1137-1159.
- CLARKE, J. F. (1969) - "Nocturnal urban boundary layer over Cincinnati, Ohio". *Monthly Weather Review*, 97, 8, pp. 582-589.
- CLARKE, J. F.; PETERSON, J. T. (1973) - "An empirical model using eigenvectors to calculate the temporal and spatial variations of the St. Louis heat island". *Journal of Applied Meteorology*, 12, pp. 195-210.
- CLAVERO, P. L. (1990) - "La estabilidad atmosférica como factor de contaminación del aire: otoño de 1995 en Barcelona". *Revista de Geografía*, 24, pp. 17-26.
- CLEUGH, H. A.; OKE, T. R. (1986) - "Suburban-rural energy balance comparisons in summer for Vancouver, B.C.". *Boundary-Layer Meteorology*, 36, pp. 351-369.
- COIN, L. (1970) - "La pollution de l'air en milieu urbain". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 141-163.
- COLACINO, M. (1978) - "Infrared radiometric measurements for the study of Rome urban heat island". *Archiv für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie, Serie B*, 26, pp. 207-217.
- COLACINO, M. (1980) - "Some observations of the urban heat island in Rome during the summer season". *Il Nuovo Cimento*, 3-C, 2, pp. 165-179.
- COMRIE, C. A.; YARNAL, B. (1992) - "Relationships between synoptic-scale atmospheric circulation and ozone concentrations in metropolitan Pittsburgh, Pennsylvania". *Atmospheric Environment*, 26-B, 3, pp. 301-312.
- DEAR, R. J. (1989) - "Diurnal and seasonal variations in the human thermal climate of Singapore". *Singapore Journal of Tropical Geography*, 10, 1, pp. 13-26.
- DEAR, R. J.; LEOW, K. G. (1990) - "Indoor climate and thermal comfort in high-rise public housing in an equatorial climate: a field-study in Singapore". *Atmospheric Environment*, 24-B, 2, pp. 313-320.
- DEAR, R. J.; LEOW, K. G.; AMEEN, P. E. A. (1991a) - "Thermal comfort in the humid tropics - Part I: Climate chamber experiments on temperature preferences in Singapore". *ASHRAE Transactions*, 97, pp. 874-879.
- DEAR, R. J.; LEOW, K. G.; AMEEN, P. E. A. (1991b) - "Thermal comfort in the humid tropics - Part II: Climate chamber experiments on thermal acceptability in Singapore". *ASHRAE Transactions*, 97.
- DEAR, R. J.; LEOW, K. G.; FOO, S. C. (1991c) - "Thermal comfort in the humid tropics: field experiments in air conditioned and naturally ventilated buildings in Singapore". *International Journal of Biometeorology*, 34, pp. 259-265.
- DEMARRAIS, G. A. (1961) - "Vertical temperature difference observed over an urban area". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 42, 8, pp. 548-554.
- DETTWILLER, J. (1970a) - "Deep soil temperature trends and urban effects at Paris". *Journal of Applied Meteorology*, 9, pp. 178-180.
- DETTWILLER, J. (1970b) - "Incidence possible de l'activité industrielle sur les précipitations à Paris". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 363-364.
- DETTWILLER, J.; CHANGNON, S. A., Jr. (1976) - "Possible urban effects on maximum daily rainfall at Paris, St. Louis and Chicago". *Journal of Applied Meteorology*, 15, 5, pp. 517-519.
- DIKAIAKOS, J. G. (1987) - "Recent bioclimatic trends in Athens". *Weather*, 42, 10, pp. 309-313.
- DJEN, C. S. (1992) - "The urban climate of Shanghai". *Atmospheric Environment*, 26-B, 1, pp. 9-15.
- DOGNIAUX, R. (1970) - "Ambiance climatique et confort de l'habitat en site urbain: aspects thermiques et lunineux". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 49-64.
- DORAN, J. C.; HORST, T. W. (1981) - "Velocity and temperature oscillations in drainage winds". *Journal of Applied Meteorology*, 20, pp. 361-364.
- DRAXLER, R. R. (1986) - "Simulated and observed influence of the nocturnal urban heat island on the local wind field". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25, pp. 1125-1133.
- DUCKWORTH, F. S.; SANDBERG, J. S. (1954) - "The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 35, 5, pp. 198-207.
- EAGLEMAN, J. R.; HUCKABAY, J. L.; LIU, W. C. (1972) - "Inadvertent modifications of urban environments". *Preprints Conference of Urban Environment*, Philadelphia, pp. 165-172.
- ELIASSON, I.; HOLMER, B. (1990) - "Urban heat island circulation in Göteborg, Sweden". *Theoretical and Applied Climatology*, 42, pp. 187-196.
- ELIASSON, I. (1990/91) - "Urban geometry, surface temperature and air temperature". *Energy and Buildings*, 15-16, pp. 141-145.

- ELIASSON, I. (1992) - "Infrared thermography and urban temperature patterns". *International Journal of Remote Sensing*, 13, 5, pp. 869-879.
- ELIASSON, I. (1993a) - "Urban temperatures, street geometry and land use". *Atmospheric Environment*.
- ELIASSON, I. (1993b) - "Urban-suburban-rural air temperature differences, related to street geometry". *Physical Geography*.
- EL-SHOBOKSHY, M. S.; AL-TAMRAH, S. A.; HUSSEIN, F. M. (1990) - "Inhalable particulates and meteorological characteristics of the city of Riyadh, Saudi Arabia". *Atmospheric Environment*, 24-B, 2, pp. 261-265.
- ELSOM, D. M.; CHANDLER, T. J. (1978) - "Meteorological controls upon ground level concentrations of smoke and sulphur dioxide in two urban areas of the United Kingdom". *Atmospheric Environment*, 12, pp. 1543-1554.
- ENDLICHER, W. (1981) - "L'îlot de chaleur urbain d'Annecy - Quelques remarques sur le climat local d'une ville alpine". *Révue de Géographie Alpine*, 69, 3, pp. 407-421.
- ENDLICHER, W. (1989) - "Une thèse sur le climat de la région de Lisbonne". *Finisterra*, 24, 48, pp. 316-326.
- ESCOURROU, G. (1978) - *Climatologie Pratique*. Masson, Paris, 172p.
- ESCOURROU, G. (1981) - *Climat et Environnement. Les facteurs locaux du climat*. Masson, Paris, 182p.
- ESCOURROU, G. (1984) - "Quelques remarques sur la Climatologie Urbaine". *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 500, pp. 83-97.
- ESCOURROU, G. (1986a) - "Le climat de l'agglomération parisienne". *L'Information Géographique*, 50, 3, pp. 96-102.
- ESCOURROU, G. (1986b) - "Les brises de campagne: un aspect essentiel du climat urbain". *Freiburger Geographische Hefte*, 26, pp. 87-95.
- ESCOURROU, G. (1988a) - "Les problèmes posés par le climat parisien". *Cahiers du C.R.E.P.I.F.*, 22, pp. 156-163.
- ESCOURROU, G. (1988b) - "La pollution atmosphérique à Villeneuve-St.-Georges". *Cahiers du C.R.E.P.I.F.*, 22, pp. 10-19.
- ESCOURROU, G. (1990) - "La spécificité du climat de l'agglomération parisienne". *Révue de Géographie de Lyon*, 65, 2, pp. 85-89.
- ESCOURROU, G. (1991) - *Le Climat et la Ville*. Nathan, 109p.
- ESCOURROU, P. (1988) - "Le climat et la santé de l'Homme en Ile-de-France". *Cahiers du C.R.E.P.I.F.*, 22, pp. 31-43.
- EVANS, J.; SCHILLER, S. (1991) - "Climate and urban planning - the example of the planning code for Vicente Lopez, Buenos Aires". *Urban Climate, Planning and Building*, pp. 35-41.
- FALLOT, J.; ALCOFORADO, M. J. (1988) - "Mesures de l'influence de l'îlot de chaleur de Lisbonne sur les écoulements régionaux en été". *Actes des Journées de Climatologie de Liège*, Presses Universitaires de Liège, pp. 54-74.
- FAUGÈRES, L. (1991) - "La Géoclimatique, géo-science du risque". *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, pp. 179-193.
- FERNANDES, J. P. (1993) - "A informação biofísica nos processos de planeamento e gestão do território". *Sociedade e Território*, 18, pp. 13-21.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1982) - "Intensidad del viento en Madrid y sus alrededores". *Estudios Geográficos*, 166, pp. 17-32.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1990) - "La influencia de la ciudad sobre las precipitaciones: el caso de Madrid". *Estudios Geográficos*, 51, 199-200, pp. 397-411.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995) - *Manual de Climatología Aplicada. Clima, medio ambiente y planificación*. Editorial Síntesis, Serie Mayor, 2, 285p.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; GALÁN, E. (1995) - "Clima y contaminación atmosférica en Madrid". *Estudios Geográficos*, 56, 219, pp. 263-284.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1996) - "La contaminación atmosférica como factor de riesgo: el caso de Madrid". *Territorium*, 3, 15-24.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; GALÁN GALLEGU, E.; CAÑADA TORRECILLA, R. (1998) - *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*. Ed. Parteluz, Madrid, 606p.
- FERREIRA, D. B. (1991) - "La pollution photochimique de l'atmosphère urbaine - Le cas de l'ozone à Lisbonne/Portela". *L'Atmosphère Terrestre en Evolution. Incidences et Conséquences*, Centro de Estudos Geográficos, rel. n.º 29, Lisboa, pp. 47-97.
- FEZER, F. (1990) - "Climatic change after regeneration in the oldest quarter of Heidelberg". *Landscape and Urban Planning*, 19, pp. 47-54.
- FONDA, R. W.; DAHMS, R. F.; KENDALL, K. M. (1971) - "Heat island and frost pockets in Bellingham, Wash.". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 52, 7, pp. 552-555.
- FINDLAY, B. F.; HIRT, M. S. (1969) - "An urban-induced meso-circulation". *Atmospheric Environment*, 3, pp. 537-542.
- FREITAS, C. R. (1979) - "Human climates of northern China". *Atmospheric Environment*, 13, pp. 71-77.
- FREITAS, C. R. (1985) - "Assessment of human bioclimate based on thermal response". *International Journal of Biometeorology*, 29, 2, pp. 97-119.
- FREITAS, C. R. (1987) - "Bioclimates of heat and cold stress in New Zealand". *Weather and Climate*, 7, pp. 55-60.
- FREITAS, C. R. (1990) - "Recreation climate assessment". *International Journal of Climatology*, 10, pp. 89-103.
- GAJZÁGÓ, L. (1970a) - "Variations of global radiation in Budapest". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, p. 79.
- GAJZÁGÓ, L. (1970b) - "Variation of sulphur dioxide concentration in dependence from the weather in Budapest". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, p. 286-290.
- GANHO, N. (1992) - *O Clima Urbano de Coimbra - Aspectos térmicos estivais*. Dissertação de Mestrado em Geografia apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 170 p. + 80 p. extra texto de gráficos e figuras.

- GANHO, N. (1994) - "Risco de incêndio florestal em áreas urbanas e periurbanas - O exemplo de Coimbra". *Actas do II EPRIF - Encontro Pedagógico Sobre Risco de Incêndio Florestal*, Coimbra, pp. 97-116.
- GANHO, N. (1995a) - "Evolução da temperatura em Coimbra - Resultados da aplicação de um modelo de regressão". *VI Colóquio Ibérico de Geografia - ACTAS*, Porto, pp. 891-901.
- GANHO, N. (1995b) - "A ilha de calor de Coimbra - Resultados de observações itinerantes de temperatura no interior do tecido urbano". *VI Colóquio Ibérico de Geografia - ACTAS*, Porto, pp. 911-920.
- GANHO, N. (1995c) - "A ilha de calor de Coimbra: intensidade média e ritmo diário - Resultados de observações com termohigrógrafos em abrigo". *Actas do II Congresso da Geografia Portuguesa*, Coimbra, pp. 197-209.
- GANHO, N. (1995d) - "La isla de calor de Coimbra bajo diferentes condiciones de tiempo de Verano". *Estudios Geográficos*, LVI, 219, pp. 285-317.
- GANHO, N. (1995e) - "A ilha de calor de Coimbra sob diferentes condições de tempo de Verão". *Territorium*, 2, pp. 33-50.
- GANHO, N. (1996a) - "Espaços verdes no interior do tecido urbano: contrastes topoclimáticos, influência bioclimática e riscos de poluição - O caso de Coimbra". *Territorium*, 3, pp. 35-56.
- GANHO, N. (1996b) - "A ilha de calor de Coimbra: efeitos bioclimáticos de contrastes termohigrométricos espaciais". *Cadernos de Geografia, Nº Especial, Actas do I Colóquio da Geografia de Coimbra*, pp. 27-36.
- GANHO, N. (1998a) - "Clima urbano e contrastes de precipitação em Coimbra (Portugal)". *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*, Ed. Parteluz, Madrid, pp. 93-111.
- GANHO, N. (1998b) - *O Clima Urbano de Coimbra. Estudo de Climatologia local aplicada ao ordenamento urbano*. Dissertação de Doutoramento em Geografia, especialidade de Geografia, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, I.E.G., C.E.G., Coimbra, 551p. (policopiado).
- GANHO, N.; LOURENÇO, L.; REBELO, F. (1992) - "A importância da Climatologia e da Geomorfologia no Planeamento Urbano. Análise de um caso concreto na parte oriental da cidade de Coimbra". *Cadernos de Geografia*, 11, pp. 75-85.
- GARRATT, J. R. (1980) - "Surface influence upon vertical profiles in the atmospheric near-surface layer". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 106, pp. 803-819.
- GEIGER, R. (1980) - *Manual de Microclimatologia. O clima da camada de ar junto ao solo* (trad. port. da 4ª ed., 1961). Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 556 p.
- GEORGII, H. W. (1970) - "The effects of air pollution on urban climates". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 196-213.
- GILES, D. B.; BALAFOUTIS, C.; MAHERAS, P. (1990) - "Too hot for confort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988". *International Journal of Biometeorology*, 34, pp. 98-104.
- GIVONI, B. (1976) - *Man, Climate and Architecture*. *Applied Science*, London.
- GIVONI, B. (1989) - *Urban Design in Different Climates*. World Meteorological Organization, 346, Geneva.
- GIVONI, B. (1992) - "Climatic aspects of urban design in Tropical Regions". *Atmospheric Environment*, 26-B, 3, pp. 397-406.
- GLAZIER, J.; MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. (1976) - "Effects of aerosol on the local heat budget of the lower atmosphere". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102, pp. 95-102.
- GODOWITCH, J. M.; CHING, J. K. S.; CLARK, J. F. (1985) - "Evolution of the nocturnal inversion layer at an urban and nonurban location". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24, pp. 791-804.
- GODOWITCH, J. M. (1986) - "Characteristics of vertical turbulent velocities in the urban convective boundary layer". *Boundary-Layer Meteorology*, 35, pp. 387-407.
- GODOWITCH, J. M.; CHING, J. K. S.; CLARK, J. F. (1987) - "Spatial variation of the evolution and structure of the urban boundary layer". *Boundary-Layer Meteorology*, 38, pp. 249-272.
- GOLDREICH, Y. (1970) - "Computation of the magnitude of Joannesburg's urban heat island". *Notos*, 19, pp. 95-106.
- GOLDREICH, Y. (1971) - "Influence of topography on Johannesburg's temperature distribution". *South African Geographical Journal*, 53, pp. 84-88.
- GOLDREICH, Y. (1979a) - "A possible heat island effect on Bezuidenhout Valley air circulation and temperature distribution". *South African Geographical Journal*, 61, pp. 123-127.
- GOLDREICH, Y. (1979b) - "Influence of urbanization on mountain and valley wind regime". *Proceedings of Israel Ecological Society 10th Scientific Conference*, Sede Boker, pp. D19-D27.
- GOLDREICH, Y.; TYSON, P. D.; VON GOGH, R. G.; VENTER, G. P. N. (1981a) - "Enhancement and suppression of urban heat plumes over Johannesburg". *Boundary-Layer Meteorology*, 21, pp. 115-126.
- GOLDREICH, Y.; VON GOGH, R. G.; NIJLAND, J. A. (1981b) - "Topographical and urban influences on the mesoclimate of Shallow Valleys in Johannesburg". *The South African Geographical Journal*, 63, 2, pp. 85-106.
- GOLDREICH, Y. (1984) - "Urban topoeclimatology". *Progress in Physical Geography*, 8, 3, pp. 336-365.
- GOLDREICH, Y. (1992) - "Urban climate studies in Johannesburg, a sub-tropical city located on a ridge - a review". *Atmospheric Environment*, 26-B, 3, pp. 407-420.
- GOTOH, T. (1993) - "Relation between heat islands and NO2 pollution in some Japanese cities". *Atmospheric Environment*, 27-B, 1, pp. 121-128.
- GREGOIRE, F. (1989) - "Effect de versant et repartition spatiale des pluies en milieu temperé de plaine". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 2, pp. 95-102.
- GUGIUMAN, I. (1976) - "Recherches de climatologie urbaine à l'appui des actions de protection de l'atmosphère des grandes villes". *Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie*, 20, pp. 151-156.

- HADER, F. (1970) - "The climatological aspects of town-planning in various latitudes". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, p. 384.
- HAGE, K. D. (1972) - "Nocturnal temperatures in Edmonton, Alberta". *Journal of Applied Meteorology*, 11, pp. 123-129.
- HAGE, K. D. (1975) - "Urban-rural humidity differences". *Journal of Applied Meteorology*, 14, pp. 1277-1283.
- HALTER, S.; LAFONTAINE, J. (1970) - "Aspects legaux de la pollution de l'air en Belgique et dans les pays voisins". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 263-271.
- HÄNEL, G.; WEIDERT, D.; BUSEN, R. (1990) - "Absortion of solar radiation in an urban atmosphere". *Atmospheric Environment*, 24-B, 2, pp. 283-292.
- HARNACK, R. P.; LANDSBERG, H. E. (1974) - "Selected cases of convective precipitation caused by the Metropolitan Area of Washington, D.C.". *Journal of Applied Meteorology*, 14, pp. 1050-1060.
- HARTLEY, M. (1977) - "Glasgow as an urban heat-island". *Scottish Geographical Magazine*, 93, pp. 80-89.
- HENSCHER, A. F. (1964) - "Heat Stress". *Seminar on Human Biometeorology*, Cincinnati, Ohio, pp. 95-107.
- HERTIG, J.-A. (1990) - *Energie, Environment, Constructions*. F.P.F.L., L.A.S.E.N., Lausanne, 291p.
- HERTIG, J.-A. (1993) - "Urban climates and air pollution in small swiss cities". *NATO Advanced Study Institute (NASI): Wind Climate in Cities*, Karlsruhe, pp. 353-382.
- HINDY, K. T.; FARAG, S. A.; EL-TAIEB, N. M. (1990) - "Monthly and seasonal trends of total suspended particulate matter and smoke concentration in industrial and residential areas in Cairo". *Atmospheric Environment*, 24-B, 2, pp. 343-353.
- HJELMFELT, M. R. (1982) - "Numerical simulation off the effects of St. Louis on mesoescale boundary-layer airflow and vertical air motion: simulations of urban vs non urban effects". *Journal of Applied Meteorology*, 21, pp. 1239-1257.
- HOLZMAN, B. G. (1971) - "La Porte precipitation fallacy". *Science*, 171, p. 847.
- HOWARD, L. (1818) - *The climate of London*. Longman, Londres.
- HSU, S.-I. (1984) - "Variation of an urban heat island in Phoenix". *Professional Geographer - Forum and Journal of the Association of American Geographers*, 36, 2, pp. 196-200.
- HUFF, F. A.; VOGEL, J. L. (1978) - "Urban, topographic and diurnal effects on rainfall in the St. Louis region". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 5, pp. 565-577.
- HUFTY, A. (1965) - "Recherches sur les vents au Sart Tilman (Liège)". *Société Géographique de Liège*, 1, pp. 33-44.
- HUFTY, A. (1970) - "Les vents et la pollution de l'air dans la region liegeoise". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 291-293.
- INDIA, M. B. (1992) - "La magnitud y fluctuaciones de la isla de calor en Tarragona". *Tarraco*, 7, pp. 19-29.
- JAEN, M. V. M. (1987) - "La contaminación atmosférica en Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias)". *Finiserra*, 22, 43, pp. 162-181.
- JAUREGUI, E. (1973) - "The urban climate of Mexico city". *Erdkunde*, 28, pp. 298-307.
- JAUREGUI, E. (1983) - "Visibility trends in Mexico city". *Erdkunde*, 37, pp. 296-299.
- JAUREGUI, E. (1987) - "Urban heat island devolpment in medium and large urban areas in México". *Erdkunde*, 41, pp. 48-51.
- JAUREGUI, E. (1992) - "Mexico City - A critical zone in global environmental change". *Meeting of the Comission of Climatology of the 27th International Geographical Congress, Pennsylvania*, 12p.
- JAUREGUI, E.; GODINEZ, L.; CRUZ, F. (1992) - "Aspects of heat-island devolpment in Guadalajara, México". *Atmospheric Environment*, 26-B, 3, pp.391-396.
- JENKINS, J. (1970) - "Increase in averages of sunshine in central London". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 294-296.
- KATSOLIS, B. D. e THEOHARATOS, G. A. (1985) - "Indications of the urban heat island in Athens, Greece". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, American Meteorological Society, 24, pp. 1296-1302.
- KATZSCHNER, L. et al. (1995) - *The Urban Climate of Bragança*. Kassel (policopiado).
- KERSCHGENS, M. J.; KRAUS, H. (1990) - "On the energetics of the urban canopy layer". *Atmospheric Environment*, 24-B, 2, pp. 321-328.
- KERVERN, G.-Y.; RUBISE, P. (1991) - *L'Archipel du Danger. Introduction aux Cindiniques*. Paris, Economica, 444p.
- KIMURA, F.; TAKAHASHI, S. (1991) - "The effects of land-use and antropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo metropolitan area: a numerical experiment". *Atmospheric Environment*, 25-B, 2, pp.155-164.
- KIRBY, C. (1995) - "Urban air pollution". *Geography - Journal of the Geographical Association*, 80, 349, parte 4, pp. 375-392.
- KOPEC, R. J. (1970) - "Further observations of the urban heat island in a small city". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 51, 7, pp. 602-606.
- KOPEC, R. J. (1973) - "Daily spatial and secular variations of atmospheric humidity in a small city". *Journal of Applied Meteorology*, 12, pp.639-648.
- LAFONTAINE, J. (1970) - "Les aspects medicaux de la pollution de l'air dans les villes". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 164-178.
- LALAS, D. P.; VEIRS, V. R.; KARRAS, G.; KALLOS, G. (1982) - "An analysis of the SO₂ concentration levels in Athens, Greece". *Atmospheric Environment*, 16, 5, pp. 531-544.
- LALAS, D. P.; ASIMAKOPOULOS, D. N.; DELIGIORGI, D. G. (1983) - "Sea-breeze circulation and photochemical pollution in Athens, Greece". *Atmospheric Environment*, 17, 9, pp. 1621-1632.

- LAMELOISE, P. (1988) - "Evolution de la pollution atmospherique en région parisienne". *Cahiers du C.R.E.P.I.F.*, 22, pp. 57-79.
- LANDSBERG, H. E. (1956) - "The climate of towns". *Man's role in changing the face of the earth*, Hutchinson, London, pp. 584-603.
- LANDSBERG, H. E. (1970a) - "Micrometeorological temperature differentiation through urbanization". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 129-136.
- LANDSBERG, H. E. (1970b) - "Climates and urban planning". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 366-374.
- LANDSBERG, H. E.; MAISEL, T. N. (1972) - "Micrometeorological observation in an area of urban growth". *Boundary Layer Meteorology*, 1, pp. 61-63.
- LANDSBERG, H. E. (1981) - *The Urban Climate*. International Geophysics Series, vol. 28, Academic Press, 277 p.
- LANDSBERG, H. E. (1986) - "Problems of design for cities in the tropics". *Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas, World Meteorological Organization*, 625, pp. 461-472.
- LAUMANN, H. (1982) - "Planning of new settlements and climate". *The Impact of Climate on Planning and Building*, pp. 77-83.
- LAWRENCE, E. N. (1971) - "Urban climate and day of the week". *Atmospheric Environment*, 5, pp. 935-948.
- LEAHEY, D. M.; FRIEND, J. P. (1971) - "A model for predicting the depth of the mixing layer over an urban heat island with applications to New York City". *Journal of Applied Meteorology*, 10, pp. 1162-1173.
- LEDUC, R.; FERLAND, M.; GARIÉPY, J.; JACQUES, G.; LELIÈVRE, C.; PAULIN, G. (1980) - "Ilot de chaleur à Québec: cas d'été". *Boundary-Layer Meteorology*, 19, pp. 471-480.
- LEDUC, R.; JACQUES, G.; FERLAND, M.; LELIÈVRE, C. (1981) - "Ilot de chaleur à Québec: cas d'hiver". *Boundary-Layer Meteorology*, 21, pp. 315-324.
- LEE, D. O. (1975) - "Rural atmospheric stability and the intensity of London's heat island". *Weather*, 30, 4, pp. 102-109.
- LEE, D. O. (1977) - "Urban influence on wind directions over London". *Weather*, 32, 5, pp. 162-170.
- LEE, D. O. (1979) - "The influence of atmospheric stability and the urban heat island on urban-rural wind speed differences". *Atmospheric Environment*, 13, pp. 1175-1180.
- LEE, D. O. (1984) - "Urban Climates". *Progress in Physical Geography*, 8, 1, pp. 1-32.
- LEE, D. O. (1991) - "Urban-rural humidity differences in London". *International Journal of Climatology*, 11, pp. 577-582.
- LENTS, J. M.; KELLY, W. J. (1993) - "Clearing the air in Los Angeles". *Scientific American*, 269, 4, pp. 18-25.
- LEVINSKA, J. (1987) - "The expansion of a heat island resulting from the development of a city." *Landscape and Urban Planning*, 14, pp. 219-224.
- LINDQVIST, S.; MATTSSON, J. (1988) - *Topoclimatic surveying experiences of some Swedish applications*. Proceedings of the Topoclimatic Investigation and Mapping Study Group, ICU, Christchurch, New Zealand.
- LINDQVIST, S.; MATTSSON, J. (1989) - "Topoclimatic maps for different planning levels - some Swedish examples". *Building Research and Practice*, 5, pp. 299-304.
- LINDQVIST, S. (1991) - *Local Climatological Maps for Planning*. Göteborgs Universitet Naturgeografiska Institutionen (GUNI), rapport 32, 26p.
- LIU, M.-K.; WHITNEY, D. C.; ROTH, P. M. (1976) - "Effects of atmospheric parameters on the concentration of photochemical air pollutants". *Journal of Applied Meteorology*, 15, 8, pp. 829-835.
- LONGHETTO, A.; GIACOMELLI, L.; GIRAUD, C.; ZARAMELLA, G. (1992) - "A study of correlation among solar energy, atmospheric turbidity and pollutants in urban area". *Atmospheric Environment*, 26-B, 1, pp. 29-43.
- LOPES, A. M. S. (1994) - *Padrões Térmicos do Clima Local na Região de Oeiras*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Regional apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 220p.
- LÓPEZ, I. G. (1991) - "El medio ambiente urbano en Donostia. Observaciones sobre la isla de calor generada en el medio urbano". *Lurralde*, 14, pp. 143-161.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. e GARCIA, F. F. (1984) - "La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano". *Estudios Geográficos*, 45, 174, p. 5-34.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1985) - "El clima de las ciudades". *Abor*, 474, 121, pp. 13-32.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; JIMÉNEZ, A. M.; GARCIA, F. F.; PALOU, F. (1990) - "La temperatura diurna en la aglomeración de Madrid mediante imágenes remotas". *Estudios Geográficos*, 51, 201, pp. 705-733.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; LÓPEZ GÓMEZ, J.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ILERA, F. A. (1991) - *El Clima Urbano de Madrid: la isla de calor*. C.S.I.C., Madrid, 166p.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1992) - "La isla de calor y los usos del suelo en Tokio". *Estudios Geográficos*, 53, 209, pp. 760-763.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; LÓPEZ GÓMEZ, J.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; JIMENEZ, A. M. (1993a) - *El Clima Urbano. Teledetección de la isla de calor en Madrid*. Ministerio de Obras Públicas Y Transportes, Madrid, 157p.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ARROYO, F.; MARTÍN VIDE, J.; CUADRAT, J. M. (1993b) - *El Clima de las Ciudades Españolas*. Cátedra, Madrid, 268p.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ILERA, F. A. (1995) - *Teledetección y Clima Urbano - Variaciones nocturnas y diurnas de la isla de calor en Madrid*. Instituto de Economía y Geografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 75p.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; RENAÚ, A. F.; HERNÁNDEZ, E. G.; ILERA, F. A. (1998) - *Temperaturas Nocturnas y Diurnas en Madrid a Partir de Teledetección Aeroportada*. Instituto de Economía y Geografía, Consejo

- Superior de Investigaciones Científicas, Ed. Parteluz, Madrid, 83p.
- LOURENÇO, L. (1987) - "Ventos em Coimbra - Nota preliminar". *Cadernos de Geografia*, 6, pp. 181-199.
- LUNDÉN, B. (1987) - "Satellite thermography. A study of a Landsat-5 sub-scene over Stockholm". *Geografiska Annaler*, 69-A, 3-4, pp. 367-374.
- LYALL, I. T. (1977) - "The London heat-island in June-July 1976". *Weather*, 32, 8, pp. 296-302.
- LYONS, T. J.; FORGAN, B. W. (1975) - "Atmospheric attenuation of solar radiation at Adelaide". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 101, pp. 1013-1017.
- LYONS, T. J.; KENWORTHY, J. R.; NEWMAN, P. W. (1990) - "Urban structure and air pollution". *Atmospheric Environment*, 24-B, 1, pp. 43-48.
- MARZOL, M. V.; DORTA, P.; RODRIGUEZ, J. (1991) - "Variations temporelles et particularités de la température horaire dans la ville de Santa Cruz de Tenerife (Iles Canaries)". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, pp. 43-53.
- MATHER, J. R. (1974) - *Climatology: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill, New York.
- MCGREGOR, G. R. (1993) - "A preliminary assessment of the spatial and temporal characteristics of human comfort in China". *International Journal of Climatology*, 13, pp. 707-725.
- MILLWARD, G. E.; MOTTE, R. H. (1976) - "Observations of the Plymouth temperature field". *Weather*, 31, 8, pp. 255-260.
- MISSENERD, A. (1959) - "On thermally equivalent environments". *J.I.H.V.E.*, 27, pp. 231-237.
- MONTEIRO, A. (1989a) - "Contribuição para o estudo da degradação da qualidade do ar na cidade do Porto". *Revista da Faculdade de Letras - Geografia*, 1ª série, 5, pp. 5-31.
- MONTEIRO, A. (1989b) - "A importância dos estudos de climatologia regional para a compreensão dos processos de degradação da qualidade do ar - O exemplo da cidade do Porto entre 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1989". *Actas do V Colóquio Ibérico de Geografia*, Leon, pp. 149-161.
- MONTEIRO, A.; VELHAS, E. (1995) - "Estados do tempo e suicídio - coincidência ou consequência?". *VI Colóquio Ibérico de Geografia - ACTAS*, Porto.
- MONTEIRO, A. (1993a) - *O Clima Urbano do Porto - Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 436p.
- MONTEIRO, A. (1993b) - "Est-ce qu'il y a des raisons suffisantes pour parler d'un îlot d'humidité urbain dans la ville de Porto?". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 6, pp. 585-593.
- MONTEIRO, A. (1994) - "A climatologia como componente essencial no diagnóstico e na avaliação dos impactos ambientais em espaços urbanizados. O caso da cidade do Porto". *Territorium*, 1, pp. 17-22.
- MONTEIRO, A. (1995) - "Perceptibilidade, risco e vulnerabilidade em Climatologia - um estudo de caso no Porto". *Territorium*, 2, pp. 51-63.
- MONTEIRO, A. (1998) - "O clima urbano portuense - contributo para a gestão sustentável de um espaço urbanizado". *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*, Ed. Parteluz, Madrid, pp. 67-84.
- MORAIS, J. C. e PEREIRA, A. B. (1954) - "Clima de Coimbra. Valores anuais e normais dos principais elementos e suas variações - 1866-1953". *Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra*, 24, pp. 23-52.
- MORENO, M. C. (1990) - "Bibliografía sobre climatología urbana: la isla de calor, I". *Revista de Geografia*, 24, pp. 99-109.
- MORENO, M. C. (1992) - "Bibliografía sobre climatología urbana: la isla de calor, II". *Revista de Geografia*, 26, pp. 111-119.
- MORENO-GARCIA, M. C. (1994) - "Intensity and form of the urban heat island in Barcelona". *International Journal of Climatology*, 14, pp. 705-710.
- MORENO-GARCIA, M. C. (1998) - "Las investigaciones sobre el clima urbano de las ciudades españolas". *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*, Ed. Parteluz, Madrid, pp. 177-196.
- MOULLEC, Y. (1988) - "Les retombées atmosphériques á Paris et en Ile-de-France: données physico-chimiques (1982-1985)". *Cahiers du C.R.E.P.I.F.*, 22, pp. 93-104.
- MPOUNZA, M. (1992) - "Ambience climatique dans une ville équatoriale: Brazzaville". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 5, pp. 179-183.
- MULLER, R. A.; JACKSON, A. (1985) - "Estimates of climatic air quality potential at Shreveport, Louisiana". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24, 4, pp. 293-301.
- MUNN, R. E. (1970) - "Airflow in urban areas". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 15-39.
- MUNN, R. E. (1973) - "Urban Meteorology: some selected topics". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 54, 2, pp. 90-93.
- NASRALLAH, H. A.; BRAZEL, A. J.; BALLING, Jr. (1990) - "Analysis of the Kuwait city urban heat island". *International Journal of Climatology*, 10, pp. 401-405.
- NAKAMURA, K. (1967) - "City temperature of Nairobi". *Japanese Progress in Climatology*, pp. 61-65.
- NAKAMURA, K. (1976) - "The nocturnal cold air drainage and distribution of air temperature on the gentle slope". *Geographical Review of Japan*, 49, 6, pp. 380-387.
- NAKAMURA, K. (1980) - "Radiative cooling and ground inversion on the slope of Mt. Omatsu, Sugadaira, Central Japan". *Geographical Review of Japan*, 53, 12, pp. 758-768.
- NAKAMURA, K. (1985) - "Vertical structure of nocturnal cold air drainage on the slopes of valley and basins". *Geographical Review of Japan*, 58 (Ser. A), 8, pp. 477-491.
- NAKAMURA, K. (1989) - "Periodical fluctuation of nocturnal cold air drainage on the slope of Mt. Neko, Nagano Prefecture". *Bulletin of Dohto University*, 2, pp. 53-59.

- NEIBURGER, M. (1969) - "The role of meteorology in the study and control of air pollution". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 50, 12, pp. 957-965.
- NEIBURGER, M. (1970) - "Air pollution considerations in city and regional planning". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 194-195.
- NICHOLSON, K. W.; BRANSON, J. R. (1993) - "Lead concentrations in the U.K. urban area". *Atmospheric Environment*, 27-B, 2, pp. 265-268.
- NKEMDIRIM, L. C.; TRUCH, P.; LEGGAT, K. (1977) - *Calgary urban heat island 1975 - surface features*. Weather Research Monograph 1, University of Calgary, 80p.
- NKEMDIRIM, L. C. e TRUCH, P. (1978) - "Variability of temperature fields in Calgary, Alberta". *Atmospheric Environment*, 12, 4, pp. 809-822.
- NKEMDIRIM, L. C. (1980) - "Cold air drainage and temperature fields in an urban environment: a case study of topographical influence on climate". *Atmospheric Environment*, 14, 8, pp. 375-381.
- NKEMDIRIM, L. C. (1991) - "The impact of weather variables on air pollution and its implication for the tropics". *Climatological Notes*, 41, pp. 39-45
- NISHIZAWA, T.; YAMASHITA, S. (1967) - "On the attenuation of solar radiation in the large cities". *Japanese Progress in Climatology*, pp. 66-70.
- NUNEZ, M.; OKE, T. R. (1977) - "The energy balance of an urban canyon". *Journal of Applied Meteorology*, 16, 1, pp. 11-19
- OLCINA, J. (1994) - *Riesgos Climáticos en la Península Ibérica*. Penthalon, Madrid, 440p.
- OLIVER, J. E. (1981) - *Climatology: Selected Applications*. Eduard Arnold Ltd., London.
- OKE, T. R.; HANNELL, F. G. (1970) - "The form of the urban heat island in Hamilton, Canada". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 113-126.
- OKE, T. R. (1973) - "City size and the urban heat island". *Atmospheric Environment*, 7, pp. 769-779.
- OKE, T. R. e MAXWELL, G. B. (1975) - "Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver". *Atmospheric Environment*, 9, 2, pp. 191-200.
- OKE, T. R. (1976) - "The distinction between canopy and boundary layer heat islands". *Atmosphere*, 14, pp. 268-277.
- OKE, T. R. (1982) - "The energetic basis of the urban heat island". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 455, pp. 1-24.
- OKE, T. R.; McCAUGHEY, J. H. (1983) - "Suburban-rural energy balance comparisons for Vancouver, B.C.: an extreme case?". *Boundary-Layer Meteorology*, 26, pp. 337-354.
- OKE, T. R. (1984) - "Methods in urban climatology". *Zürcher Geographische Schriften*, 14, pp. 19-29.
- OKE, T. R. (1986) - *Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas*. World Meteorological Organization, 652, Geneva.
- OKE, T. R. (1987) - *Boundary Layer Climates*. Methuen, London, 372 p.
- OKE, T. R. (1988) - "Street design and urban canopy layer climate". *Climate-Building-Housing*, pp. 103-113.
- OKE, T. R. (1992) - "Are the heat island intensities of cities in hot climates relatively small, and if so, why?". *2nd Tohwa International Symposium, CUTEEST'92*, Fukuoka, Japan, pp. 163-164.
- OKE, T. R.; ZEUNER, G.; JAUREGUI, E. (1992) - "The surface energy balance in Mexico city". *Atmospheric Environment*, 26-B, 4, pp. 433-444.
- OKE, T. R. (1995) - "The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects". *NATO Advanced Study Institute (NASI): Wind Climate in Cities*, Karlsruhe, pp. 81-107
- OLGYAY, V. (1973) - *Design With Climate*. Princeton University Press, New Jersey.
- PAGNEY, P.; BESANCENOT, J.-P. (1982) - "Human bioclimatology in tropical zones. Discussion and practical implications". *Climatological Notes*, 29, pp. 56-57.
- PANDEY, J.; AGRAWAL, M.; KHANAM, N.; NARAYAN, D.; RAO, D. N. (1992) - "Air pollutant concentrations in Varanasi, India". *Atmospheric Environment*, 26-B, 1, pp. 91-98.
- PARK, H. (1986) - "Features of the heat island in Seoul and its surrounding cities". *Atmospheric Environment*, 20, 10, pp. 1859-1866.
- PARK, H.-S. (1987) - *Variations in the urban heat island intensity affected by geographical environments*. Environmental Research Center Papers, 11, Tsukuba, 79 p.
- PARRY, M. (1954) - "Local degree-day variations in the reading area". *Meteorological Magazine*, 83, pp. 307-309.
- PARRY, M. (1956) - "Local temperature variations in the Reading area". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 82, pp. 45-57.
- PARRY, M. (1970) - "Sources of Reading's air pollution". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 297-307.
- PARTIDÁRIO, M. R. (1993) - "A integração da componente ambiental no processo de planeamento". *Sociedade e Território*, 18, pp. 8-12.
- PATERSON, M. P. (1973) - "Visibility, humidity and smoke in Sydney". *Atmospheric Environment*, 7, pp. 281-290.
- PATERSON, R. D.; HAGE, K. D. (1979) - "Micrometeorological study of an urban valley". *Boundary Layer Meteorology*, 17, pp. 175-186.
- PEDELABORDE, P. (1982) - *Introduction à l'Étude Scientifique du Climat*. SEDES, Paris, 353p.
- PEREIRA, A. B. (1942a) - *Clima de Coimbra. Normais e valores dos elementos principais*. I.G.U., Coimbra.
- PEREIRA, A. B. (1942b) - *Clima de Coimbra. Normais e valores dos elementos principais* (cont. vol. public. 1942). I.G.U., Coimbra, 36 p.
- PETERSON, J. T.; STOFFEL, T. L. (1980) - "Analysis of urban - rural solar radiation data from St. Louis, Missouri". *Journal of Applied Meteorology*, 19, 3, pp. 275-283.

- PISSIMANIS, D. K.; KARRAS, G. S.; NOTARIDOU, V. A. (1991) - "On the meteorological conditions during some strong smoke episodes in Athens". *Atmospheric Environment*, 25-B, 2, pp. 193-202.
- PITTOCK, A. B. (1977) - "On the causes of local climatic anomalies, with special reference to precipitation in Washington State". *Journal of Applied Meteorology*, 16, 3, pp. 223-230.
- POOLER, F., Jr. (1963) - "Air flow over a city in terrain of moderate relief". *Journal of Applied Meteorology*, 2, pp. 446-456.
- PORTUGAL, J. M. (1990) - "Informação geográfica física e ordenamento do território". *Sociedade e Território*, 12, pp. 101-110.
- PORTUGAL, J. M. (1992) - "Informação geográfica física para ordenamento do território a nível municipal". *Sociedade e Território*, 16, pp. 8-21.
- PUVANESWARAN, K. M. (1991) - "Heat stress in Sri Lanka - A human climatic approach". *Climatological Notes*, 41, pp. 67-76.
- REBELO, F. (1978) - "Os temporais de 25/26 de Fevereiro de 1978 no centro de Portugal". *Finisterra*, 13, 26, pp. 244-253.
- REBELO, F.; RAPOSO, A. G. B. (1988) - "As inundações de 2 de Setembro de 1986 na Povoação e no Faial da Terra (S. Miguel-Açores)". *Cadernos de Geografia*, 7, pp. 169-179.
- REBELO, F. (1991) - "Geografia Física e riscos naturais. Alguns exemplos de riscos geomorfológicos em vertentes e arribas no domínio mediterrâneo". *Biblos*, 67, pp. 353-371.
- REBELO, F. (1993) - "Porto. Clima e poluição na base do ordenamento urbano". *Cadernos de Geografia*, 12, 128-130.
- REBELO, F. (1994) - "Do ordenamento do território à gestão dos riscos naturais. A importância da Geografia Física salientada através de casos de estudo seleccionados em Portugal". *Territorium*, 1, pp. 7-15.
- REID, I. (1973) - "The influence of slope aspect on precipitation receipt". *Weather*, 28, 12, pp. 490-494.
- ROCHA, J. S. (1995) - "Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis". *Territorium*, 2, pp. 11-20.
- ROHLES (Jr.), F. H. (1974) - "The measurement and prediction of thermal comfort". *ASHRAL Transactions*, 80, 2, pp. 98-114.
- ROHLES (Jr.), F. H. (1977) - "The role of environmental antecedents on subsequent thermal comfort". *ASHRAL Transactions*, 83, part II, pp. 21-29.
- ROMERO, H. I. (1986) - "The topoclimatology of Santiago Basin as a basis for its urban climatic problems". *Freiburger Geographische Hefte*, 26, pp. 120-129.
- RONDIA, D. (1970) - "Facteurs climatiques et pollution de l'air en milieu urbain". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 238-247.
- ROUSE, W. R.; NOAD, D.; MCCUTCHEON, J. (1973) - "Radiation, temperature and atmospheric emissivities in a polluted urban atmosphere". *Journal of Applied Meteorology*, 12, pp. 798-807.
- ROUSSEL, I. (1988) - "Pollution urbaine et climatologie á travers l'exemple de Janvier 1987 dans l'agglomération nancéenne". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 1, pp. 73-82.
- RUFFIEUX, D. (1986) - *L'agglomération de Fribourg et son influence sur la ventilation - Effets locaux de la topographie et du tissu urbain sur le champ des températures et des écoulements de l'air d'une ville de petite taille*. Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Fribourg (Suíça) para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Naturais, Fribourg, 134 p.
- RUFFIEUX, D.; CARREGA, P. (1986) - "Research into the urban heat island and the windflow above the city of Nice in summer by vertical measurements and constant level balloons". *Freiburger Geographische-Hefte*, 26, pp. 96-109.
- RUFFIEUX, D.; WOLFE, D. E.; RUSSELL, C. (1990) - "The effect of building shadows in the vertical temperature structure of the lower atmosphere in downtown Denver". *Journal of Applied Meteorology*, 29, pp. 1221-1231.
- RUFFIEUX, D.; KING, C. W.; NEFF, W. D. (1991) - "Quelques aspects de la ventilation et de la pollution de l'air dans l'agglomération de Denver (USA)". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, pp. 15-21.
- RUIZ, J. M. G.; IZQUIERDO, L. M. O.; VADILLO, J. A.; VILLAR, A. G. (1989) - "Organización espacial de las temperaturas en la ciudad de Logroño". *Cuadernos de Investigacion Geográfica*, 15, 1-2, pp. 87-98.
- SÁNCHEZ, M. L.; PASCUAL, D.; PÉREZ, I. (1990) - "Forecasting particulate pollutant concentrations in a city from meteorological variables and regional weather patterns". *Atmospheric Environment*, 24-A, 6, pp. 1509-1519.
- SANDERSON, M.; KUMANAN, I.; TANGUAY, T.; SCHERTZER, W. (1973) - "Three aspects of the urban climate of Detroit-Windsor". *Journal of Applied Meteorology*, 12, pp. 629-638.
- SANDERSON, M.; GORSKI, R. (1978) - "The effect of metropolitan Detroit-Windsor on precipitation". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 4, pp. 423-427.
- SASAKI, Y.; MAKITA, H.; HOSOKAWA, K.; ISHIKAWA, I.; KIKUCHI, R.; SHITARA, H. (1973) - "Distribution of the air temperature and the phase of its diurnal variation in the urban area of Sendai (preliminary report)". *Japanese Progress in Climatology*, pp. 38-40.
- SCHMAUSS, A. (1925) - "Eine miniaturpolarfront". *Meteorol. Z.*, 42, p. 196.
- SCHMIDT, F. H. (1970) - "The effect of stability on the dust content in cities". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 273-279.
- SEINFELD, J. H. (1989) - "Urban air pollution: state of the science". *Science*, 243, pp. 745-752.
- SEKIGUTI, T.; TAMIYA, H. (1970) - "Precipitation climatology of japanese city area". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, p. 365.
- SHAFIR, H.; ALPERT, P. (1990) - "On the urban orographic rainfall anomaly in Jerusalem - a numerical study". *Atmospheric Environment*, 3, pp. 365-375.
- SHREFFLER, J. H. (1979a) - "Urban-rural differences in tower-measured winds, St. Louis". *Journal of Applied Meteorology*, 18, 7, pp. 829-835.

- SHREFFLER, J. H. (1979b) - "Heat island convergence in St. Louis during calm periods". *Journal of Applied Meteorology*, 18, pp. 1512-1520.
- SISTERSON, D. L.; DIRKS, R. A. (1978) - "Structure of the day time urban moisture field". *Atmospheric Environment*, 12, pp. 1943-1949.
- STEADMAN, R. G. (1979) - "The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on physiology and clothing science". *Journal of Applied Meteorology*, 18, 7, pp. 861-873.
- STURMAN, A. P. (1987) - "Thermal influences on airflow in mountainous terrain". *Progress in Physical Geography*, 11, 2, pp. 183-206.
- SUCKLING, P. W. e MITCHELL, M. D. (1988) - "Fog climatology of the Sacramento urban area". *The Professional Geographer - Forum and Journal of the Association of American Geographers*, 40, 2, pp. 186-194.
- SWAID, H. (1993) - "Urban climate effects of artificial heat sources and ground shadowing by buildings". *International Journal of Climatology*, 13, pp. 797-812.
- SWEENEY, J. (1987) - "The urban heat island of Dublin City". *Irish Geography*, 20, pp. 1-10.
- TAPPER, N. J.; TYSON, P. D.; OWENS, I. F.; HASTIE, W. J. (1981) - "Modeling the winter urban heat island over Christchurch, New Zealand". *Journal of Applied Meteorology*, 20, pp. 365-376.
- TAPPER, N. J. (1990) - "Urban influences on boundary layer temperature and humidity: results from Christchurch, New Zealand". *Atmospheric Environment*, 24-B, 1, pp. 19-27.
- THIBAUT, G. (1988) - "La pollution automobile et le climat". *Cahiers du C.R.E.P.I.F.*, 22, pp. 80-92.
- THOMPSON, A. H. (1967) - "Surface temperature inversions in a canyon". *Journal of Applied Meteorology*, 6, pp. 287-296.
- TROCHE, J.-P. (1986) - "Porquoi, où et comment l'information 'climat' intervient-elle dans la pratique des urbanistes?". *Pysio-Géo*, 16, pp. 17-24.
- TYSON, P. D.; DU TOIT, W. J. F.; FUGGLE, R. F. (1972) - "Temperature structure above cities: review and preliminary findings from the Johannesburg urban heat island project". *Atmospheric Environment*, 6, pp. 533-542.
- TYSON, P. D.; GOLDRICH, Y.; VON GOGH, R. G. (1980) - "Acoustic sounder observations of the nocturnal surface inversions over ridge and valley terrain". *South African Geographical Journal*, 62, pp. 62-72.
- UNWIN, D. J. (1980) - "The synoptic climatology of Birmingham's urban heat island, 1965-74". *Weather*, 35, 2, pp. 43-50.
- VELDS, C. A. (1970) - "Relation between SO₂ concentration and circulation type in Rotterdam and surroundings". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 280-285.
- VOGEL, J. L.; HUFF, F. A. (1978) - "Relation between the St. Louis urban precipitation anomaly and synoptic weather factors". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 8, pp. 1141-1152.
- VUKOVICH, F. M.; DUNN, J. W.; CRISSMAN, B. W. (1976) - "A theoretical study of the St. Louis heat island: the wind and temperature distribution". *Journal of Applied Meteorology*, 15, 4, pp. 417-440.
- VUKOVICH, F. M.; DUNN, J. W. (1978) - "A theoretical study of the St. Louis heat island: some parameter variations". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 11, pp. 1585-1594.
- VUKOVICH, F. M.; KING, W. J.; DUNN, J. W. WORTH, J. J. B. (1979) - "Observations and simulations of the diurnal variation of the urban heat island circulation and associated variations of the ozone distribution: a case study". *Journal of Applied Meteorology*, 18, 7, pp. 836-854.
- WARNNER, H.; HERTIG, J.-A. (1984) - "Studies of urban climates and air pollution in Switzerland". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, pp. 1614-1625.
- WARNNER, H.; AMMAN, K.; BERLINCOURT, P.; FILLINGER, P.; HERZIG, R.; LIEBENDÖRFER, L.; RICKLI, R.; URECH, M. (1986) - "Climat pollution in Biel-Bienne (Switzerland)". *Freiburger Geographische Hefte*, 26, pp. 12-19.
- WHITE, J. M.; EATON, F. D.; AUER (Jr.) A. H. (1978) - "The net radiation budget of the St. Louis metropolitan area". *Journal of Applied Meteorology*, 17, 5, pp. 593-599.
- WHITEN, A. J. (1956) - "The ventilation of Oxford Circus". *Weather*, 11, pp. 227-229.
- WOLFSON, N. (1975) - "Topographical effects on standard normals of rainfall over Israel". *Weather*, 30, pp. 138-144.
- WOOLLUM, C. A. (1970) - "Washington metropolitan area precipitation and temperature patterns". *World Meteorological Organization, Technical Note 108, Urban Climates*, pp. 127-128.
- YAGÜE, C.; ZURITA, A.; MARTINEZ, A. (1991) - "Statistical analysis of the Madrid urban heat island". *Atmospheric Environment*, 25-B, 3, 327-332.
- YAMASHITA, S.; SEKINE, K.; SHODA, M.; YAMASHITA, K.; HARA, Y. (1986) - "On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River Basin, Japan". *Atmospheric Environment*, 20, 4, pp. 681-686.
- YAMASHITA, S. (1991) - "On the generalization of the urban climates from the climageographical point of view". *Climatological Notes*, 40, pp. 309-313.
- YANG, S. (1991) - "The climatic characteristics and urban planning of Hainan Island". *Climatological Notes*, 41, pp. 219-223.
- YAP, D.; OKE, T. R. (1974) - "Sensible heat fluxes over an urban area - Vancouver, B.C.". *Journal of Applied Meteorology*, 13, 880-890.
- YONETANI, T. (1982) - "Increase in number of days with heavy precipitation in Tokyo Urban Area". *Journal of Applied Meteorology*, 21, pp. 1466-1471.
- YOSHINO, M. M. (1975) - *Climate in a Small Area. An introduction to local Meteorology*. University of Tokyo Press, Tokyo, 549p.
- YOSHINO, M. M. (1984) - "Thermal belt and cold air drainage on the mountain slope and cold air lake in the basin at quiet, clear night". *GeoJournal*, 8, 3, pp. 235-250.