

ALGUNS ASPECTOS DE BIOCLIMATOLOGIA: O CLIMA E O ORGANISMO HUMANO¹

Maria João ALCOFORADO
Centro de Estudos Geográficos, Universidad de Lisboa

I. INTRODUÇÃO

Em 1998, foi editado pelo geógrafo A. Auliciems, o 5º volume de uma obra sobre Bioclimatologia: *Human Bioclimatology*, livro muito útil e interessante, em que estão compilados e sintetizados conhecimentos recentes sobre este tema e suas perspectivas de aplicação, e cuja recensão se encontra em Andrade (1998).

No referido manual, Stanhill define Bioclimatologia como o “estudo das relações entre o ambiente físico e a forma e função dos organismos vivos”. Segundo o editor, as áreas de estudo da Bioclimatologia são aquelas em que se investigam os efeitos da variação e variabilidade atmosférica sobre

- a) a ecologia terrestre e aquática
- b) o *stress*, a morbidade e a mortalidade dos humanos e dos animais
- c) o ambiente construído
- d) os sistemas económicos e as actividades sociais

Além disso, também se tratam, no âmbito da Bioclimatologia, os mecanismos de *feedback* (retroacções), em que se incluem as modificações da atmosfera pelos organismos vivos, isto é, estudos de poluição, deterioração das paisagens, entre outros, e modificações deliberadas dos fluxos de matéria e de energia no ecossistema urbano e no interior dos edifícios.

Neste texto, serão apenas referidos tópicos relacionados com o *stress*, a morbidade e a mortalidade dos seres humanos.

Antes disso, porém, convém distinguir Bioclimatologia e Biometeorologia.

Poder-se-ia pensar que, em Biometeorologia, se estudariam preferencialmente os processos físicos que estão na base de reacções particulares dos seres vivos, ao passo que, em Bioclimatologia, se investigaria mais em pormenor a variação espaço-temporal das reacções dos seres vivos às diferentes condições atmosféricas.

No entanto, a distinção entre as duas ciências atrás citadas não é clara na bibliografia recente. A título de exemplo, comparou-se o livro de Auliciems (1998), já acima referido, com a página da *internet* da Sociedade Internacional de Biometeorologia (<http://www.es.mq.edu.au/ISB/>). Neste *site*, a Biometeorologia é definida como uma ciência interdisciplinar, que estuda as interacções entre os processos atmosféricos e os organismos vivos: plantas, animais e humanos. As áreas de estudo são exactamente as mesmas, já referidas no livro de Bioclimatologia. A distinção ainda se

¹ Sintetizam-se, neste texto, os principais tópicos de uma conferência, proferida a 7 de Junho de 2001, no âmbito do II Congresso da la Asociación Española de Climatología. Optou-se por apresentar uma orientação bibliográfica relativamente extensa, de títulos nem todos citados no texto, para facilitar a pesquisa.

torna mais difícil, quando se lê: “the study of such interactions between living organisms and the atmospheric environment falls within the field of **Bioclimatology, alternatively referred to as Biometeorology**” (Auliciems, 1998). Uma conclusão possível destas leituras e de numerosos artigos sobre o tema é que não será talvez indispensável distinguir estas duas ciências, de fronteiras tão tênues e cujos objectivos e métodos se sobrepõem. Talvez a designação dependa sobretudo da formação de base da pessoa que investiga as relações entre o ambiente e os seres vivos.

Verifica-se que há, neste momento, 3 Comissões e 1 Grupo de Trabalho da Sociedade Internacional de Biometeorologia que se debruçam sobre temas de Biometeorologia Humana: *Clima e saúde humana: impactos urbanos e implicações*; *Clima Turismo e Recreio*; *Desenvolvimento de um “Índice Térmico Universal”*; *Biometeorologia humana empírica*.

No livro de Bioclimatologia, editado por A. Auliciems em 1998, e já acima citado, 2 dos 6 capítulos tratam de temas que coincidem com os das comissões atrás indicadas: *Migração, recreio e turismo: respostas humanas a diferenças climáticas* e *Clima e mortalidade humana: relações e medidas para mitigar as consequências*.

Confirma-se o interesse que estes temas suscitam, provavelmente devido à sua evidente aplicabilidade. No presente trabalho, serão primeiro focadas algumas relações entre clima e conforto ambiental e, posteriormente, entre o tempo atmosférico e o clima e a saúde. Pretende-se, sobretudo, dar algumas pistas para consulta bibliográfica aos interessados sobre a influência do tempo e do clima no organismo humano.

II. O CONFORTO HUMANO E A SUA DETERMINAÇÃO

Quando o ser humano está submetido a determinada ambiência atmosférica, os seus mecanismos de termo-regulação vão tentar restabelecer o equilíbrio energético, proporcionando-lhe a sensação de “conforto”. Em ambiências particularmente opressivas, os mecanismos acima mencionados tornam-se ineficazes e o Homem entra em situação de desconforto ou mesmo de severo stress; não havendo possibilidade de inverter a situação, ocorrem problemas de saúde que, em certas circunstâncias, podem levar à morte.

Numa primeira fase, ocorre a *termo-recepção*, ou seja os diferentes níveis de energia são detectados pelo ser humano (sensores do sistema nervoso central, sensores cutâneos, etc..) (Auliciems, 1981; Parson, 1993). A partir deste momento, e por processos independentes da nossa vontade, são desencadeados mecanismos de termo-regulação (modificação do ritmo cardíaco, vasodilatação ou vasoconstricção, transpiração, arrepios, etc.). O ser humano toma consciência das características da ambiência que o envolve (fria, quente): é a *sensação térmica*; só no passo seguinte, emitimos um juízo de valor (verbalizado ou não) sobre a mesma ambiência, de satisfação ou de repúdio: é o *conforto* (ou desconforto) térmico. Tudo se passa em fracções de segundo. A satisfação (ou não) com a ambiência depende não só da expectativa como dos hábitos de cada indivíduo, assim como da actividade, do nível de atenção, do cansaço e do grau de resistência. Encontram-se descrições pormenorizadas de todos estes processos no manual de Parson (1993) que, tal como Auliciems, cita amiúde Hensel (1981).

Têm sido várias as propostas metodológicas para o estudo deste tema, embora persistam numerosas dificuldades que residem, sobretudo, no problema da quantificação de algo que é forçosamente muito subjectivo.

Assim, quase paralelamente, têm vindo a ser desenvolvidos métodos indirectos de estudo, nomeadamente os denominados “índices de conforto”, que se baseiam em parâmetros meteorológicos e em métodos directos, experimentais.

Na maior parte dos casos, os métodos experimentais são utilizados para validar os diversos índices ou outras determinações de conforto humano.

Descrever-se-ão, brevemente, uns e outros.

1. Métodos experimentais

Existem diversos métodos experimentais para determinar o conforto climático em câmaras climatizadas ou em edifícios (Rohles, 1974).

- por “impressão”: o indivíduo deve elaborar um relatório descritivo da sua experiência consciente, ou seja descrever o seu agrado ou desagrado pela ambiência atmosférica criada artificialmente
- por “expressão”: Para evitar qualquer subjectividade, são medidos parâmetros como o ritmo cardíaco, a temperatura ou a taxa de sudação de indivíduos expostos a diversas ambiências.
- por observação de comportamento. O indivíduo tem oportunidade de, por meio de alavancas ou botões, modificar as características térmicas, higrométricas e, por vezes, de ventilação do local da experiência, até atingir a sensação de conforto.

2. Métodos indirectos

No entanto, a ambiência mais confortável numa câmara climatizada não é necessariamente a mesma do que no exterior dos edifícios e, dadas as dificuldades logísticas deste tipo de experimentação, recorre-se frequentemente a métodos indirectos de estudo.

2.1. Índices “empíricos”

Na impossibilidade de estudar sempre a combinação de todas as variáveis atmosféricas (actínicas, térmicas, de qualidade do ar), são usados “índices”, que combinam duas ou mais variáveis. Alguns estão mais adaptadas a ambientes quentes (a maior parte); outros servem para a determinação do stress devido a temperaturas baixas, combinadas com ventos mais ou menos violentos.

De entre os primeiros, citem-se o muito conhecido índice de Terjung (Terjung, 1967), o *Discomfort Index* ou *Temperature-Humidity Index*, proposto por Thom, em 1959, o Strain Index, a temperatura efectiva proposta pelo grupo ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning for Engineers*). As fórmulas e ábacos encontram-se em diversos manuais, nomeadamente em Fernández García, 1995. A temperatura efectiva define-se como a temperatura do termómetro seco que, para uma humidade de 50%, faria transpirar um indivíduo com a mesma intensidade do que nas condições ambientais dadas (González, 1986, citado por Fernández García, 1995). À fórmula original, que combina temperatura dos termómetros seco e molhado, foi acrescentada, mais tarde, a velocidade do vento. Esta nova temperatura efectiva foi utilizada, por exemplo, para a determinação do “conforto” em três jardins de Lisboa: Campo Grande, Estrela e Madre de Deus, a partir da aquisição de dados por medições itinerantes de temperatura, de humidade e de vento (Alcoforado, 1996). Os resultados da tabela 1 mostram que, em média, os jardins têm uma temperatura efectiva mais baixa que as ruas vizinhas, o que, no Verão, significa que são mais agradáveis para os visitantes. As diferenças variam muito em função da estrutura do espaço verde, da sua posição na cidade, da morfologia urbana das ruas vizinhas, etc.

A penúltima linha da tabela corresponde, para cada par jardim/bairro vizinho, à média das diferenças entre as temperaturas efectivas mais baixa de cada jardim e mais alta de cada bairro vizinho. Neste caso as diferenças são maiores, o que mostra que, em qualquer dos jardins, há recantos bastante mais agradáveis do que as ruas próximas (áreas com maior densidade de vegetação ou próximas de lagos, por exemplo).

Tabela 1: Diferença de temperatura efectiva no interior de espaços verdes e em ruas vizinhas (°C), em Lisboa, durante 17 tardes de Verão e de fim de primavera de 1994, 1995 e 1996.

	CAMPO GRANDE	ESTRELA	MADRE DE DEUS
Média	-0.9**	-0.4**	-2.3*
Desvio-padrão	1.4	0.9	1.1
Média das maiores diferenças diárias	-3.4**	-3,1**	-4.4**
Desvio-padrão	2.3	1.5	1.8

FONTE: ALCOFORADO, 1996

*diferenças significativas com um risco de erro de 10%

** diferenças significativas com um risco de erro de 5%

Para ambiências frias, o índice mais conhecido é o *Wind-chill*. A sua primeira versão foi desenvolvida para a Antárctida e correspondia ao produto do número de graus abaixo de 0° pela velocidade do vento em metros por segundo. No trabalho de Dixon e Prior (1987) é feito um apanhado de numerosas fórmulas para determinar o *wind-chill*, em que se calcula a perda de calor sensível pelo corpo humano, em função da temperatura exterior e do vento. Em Fernández García (1995), encontra-se uma fórmula de conversão do poder refrigerante do ar em valores de temperatura e a definição de uma escala de conforto. A importância do conhecimento do *wind-chill* junto do grande público, na América do Norte, está patente no *forum*, realizado online (http://windchill.ec.gc.ca/workshop/background/index_e.html). No Inverno, muitas pessoas consultam diariamente as previsões de *wind-chill*.

2.2. Índices baseados no balanço energético do corpo humano

Outra possibilidade, mais directa e objectiva, é o cálculo do balanço energético do ser humano, para determinar o conforto de um modo fisiologicamente válido.

Um dos modelos mais conhecidos é a “equação de conforto” para o interior (de um edifício), proposta por Fanger (1972). Foi desenvolvido para o cálculo do *Predicted Mean Vote* (PMV) e do *Predicted Percentage dissatisfied* (PPD) e foi concebido como uma ajuda para os técnicos de ar condicionado. Permite prever a apreciação da ambiência atmosférica por uma grande percentagem da população. Jendrisky, em 1979, desenvolveu estas equações, utilizando o *Klima-Michel*, a aplicar a ambiências exteriores. Mayer e Höppe mostraram, em 1987, que a utilização de uma medida mais expressiva poderia ser útil para as pessoas, com poucos conhecimentos de termo-fisiologia, que trabalham em planeamento urbano. A partir daqui, desenvolveu-se o PET: *Physiological Equivalent Temperature*, que se calcula a partir do balanço energético de um indivíduo, utilizando o Modelo MEMI (Munich Energy-Balance Model for Individuals (fig. 1).

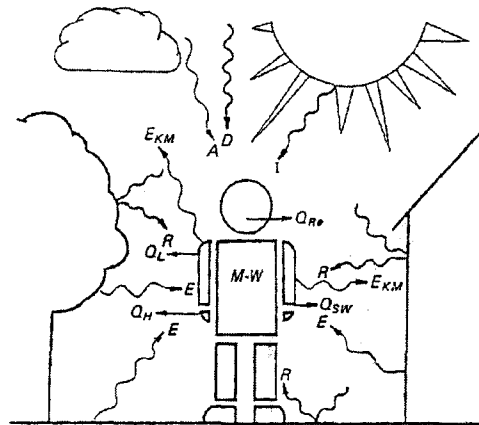


Figura 1 – O Balanço energético do corpo humano

Fonte: VDI 3787, 1997, In Andrade, 1998

Legenda da figura 1

I – Radiação solar directa

D – Radiação solar difusa

R – Radiação reflectida em ondas curtas

A – Radiação térmica da atmosfera

E – Radiação térmica das superfícies envolventes

E_{km} – Radiação térmica do corpo humano

Q_H – Fluxo turbulento de calor sensível (sobretudo por convecção)

Q_L – Fluxo turbulento de calor latente (difusão do vapor de água a partir da pele)

Q_{SW} – Fluxo turbulento de calor latente (evaporação do suor)

Q_{re} – Fluxo respiratório (sensível e latente)

O balanço radiativo (Q^*) é determinado a partir da medição dos diversos parâmetros indicados na figura 1. Em onda curta, a radiação global (directa: I e difusa D) e a radiação reflectida pelo solo, pelos edifícios, por espaços verdes envolventes. A radiação reflectida pelo ser humano também deverá ser contabilizada. Em onda longa, utilizam-se equações que permitem calcular a radiação térmica da atmosfera, a radiação emitida pelas diversas superfícies envolventes e a radiação emitida pelo indivíduo. Para o cálculo do balanço energético do ser humano, ao balanço radiativo (Q^*), adiciona-se o calor metabólico produzido pelo indivíduo e subtrai-se o consumo de energia, além de se determinar as outras trocas de calor latente ou sensível.

$$M+W+Q^*+Q_H+Q_L+Q_{SW}+Q_{re}=0$$

Em que:

M – Taxa metabólica (produção de energia por via metabólica)

W – Eficiência mecânica (consumo de energia para a execução de trabalho físico)

Q^* - Balanço de radiação

Q_H – Fluxo turbulento de calor sensível (sobretudo por convecção)

Q_L – Fluxo turbulento de calor latente (difusão do vapor de água a partir da pele)

Q_{SW} – Fluxo turbulento de calor latente (evaporação do suor)

Q_{re} – Fluxo respiratório (sensível e latente)

Tal como foi dito atrás, a ideia fundamental do PET (*Physiological Equivalent temperature*) é a caracterização da ambiência exterior que envolve o indivíduo, por referência a uma temperatura interior, na qual ocorre o mesmo *stress* térmico.

Assim, o PET é definido como a temperatura do ar, na qual, em condições de interior, o balanço energético do corpo humano está em equilíbrio com as temperaturas interna e da pele semelhantes às que ocorrem na ambiência concreta de exterior, que se pretende caracterizar. Deste modo, o PET permite a não-especialistas a comparação de condições exteriores com a sua experiência no interior dos edifícios. Encontram-se pormenores sobre este índice em Höppe, 1993; Höppe, 1997a Höppe, 1999; Mayer e Höppe, 1987; Mayer e Matzarakis, 1998, Andrade, 1998, assim como em www.med.uni-muenchen.de/arbmed/homepage.html

De acordo com diversas experiências, valores de PET próximos de 20° (entre 18 e 23°) podem ser considerados confortáveis. Valores mais elevados indicam uma probabilidade crescente de *stress* por excesso de calor (entre 23 e 29°: ligeiramente quente; entre 29° e 35°: quente; entre 35° e 41°: muito quente; superior a 41°: muitíssimo quente e correspondente a *extreme heat stress*. (Matzarakis, Mayer e Iziomon, 1999)². Os valores mais baixos caracterizam condições atmosféricas demasiado frias para serem confortáveis. Entre 13° e 18°: fresco; entre 8 e 13°: frio; entre 4 e 8°C: muito frio, inferior a 4°C: muitíssimo frio, correspondendo a *extreme cold stress*. (Matzarakis, Mayer e Iziomon, 1999). Reproduz-se, na tabela 2, um exemplo de Höppe (1999), que permite entender a variação do PET, em função de diversos parâmetros.

Tabela 2: Exemplos de cálculo de valores de PET (Physiological Equivalent Temperature)

	T _a (°C)	T _{mt}	V (m/s)	VP (hPa)	PET (°C)
Interior de um edifício	21	21	0,1	12	21
Inverno, ao Sol	-5	40	0,5	2	10
Inverno, à sombra	-5	-5	5	2	-13
Verão, ao Sol	30	60	1	21	43
Verão, à sombra	30	30	1	21	29

FONTE: HÖPPE, 1999

Legenda: T_a: temperatura do ar; T_{mt}: temperatura média radiante; v (m/s): velocidade do vento em m/s; VP: Pressão do vapor em hPa e PET: *Physiological Equivalent Temperature*.

Notem-se as grandes diferenças entre o Sol e a sombra, em situações com a mesma temperatura, tanto de Verão como no Inverno. Os valores da primeira linha correspondem a situações de interior

² Estes cálculos foram levados a cabo considerando uma produção de calor metabólico de 80W e vestuário de 0'9 Clo.

com a temperatura do ar igual à temperatura média radiante³, sem vento e com a pressão do vapor de 12 hPa (que, a esta temperatura, corresponde à humidade relativa de cerca de 50%). Para facilitar a efectiva “compreensão” deste índice Matzarakis, Mayer e Iziomon apresentam, num artigo de 1999, numerosos exemplos de aplicação a diferentes cidades da Alemanha, do Novo México (EUA) e da Grécia.

Foi feita a sua adaptação a Portugal, por Henrique Andrade, que estudou a sua frequência de ocorrência, em diversas situações estivais (Andrade, 1998), e também durante uma vaga de calor (Andrade et al., submetido). Nos dias mais quentes o PET atingiu cerca de 60°C, a meio da tarde, em Lisboa.

Na Alemanha, no site www.mmc.de/bio/pet.shtml, são editados diariamente os valores do *PET* (fig.2). Os valores mais carregados na figura são inferiores à temperatura do ar e ocorreram a 1 de junho de 2001 em quase todo o país; este índice é bastante sensível à nebulosidade que, nessa data, cobria praticamente toda a Alemanha, gerando situações de desconforto (valores de *PET* inferiores a 18 e, nalguns casos, inferiores mesmo a 13°C).

Pelo contrário, a 25 de Maio de 2001, condições de céu limpo e advecção de ar de mais baixa latitude ocasionaram valores de *PET* relativamente elevados naquele País. Ou seja, uma semana antes do exemplo anterior, ocorriam igualmente situações de desconforto, mas por excesso de calor (*PET* atinge 30°).

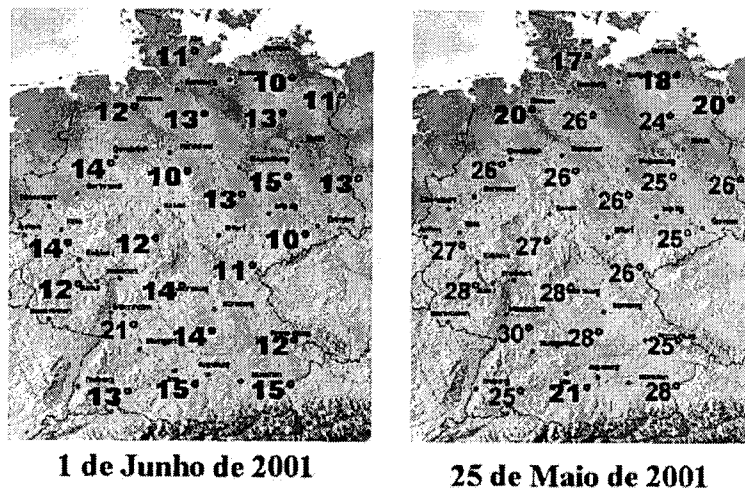


Figura 2 – O *PET* na Alemanha a 25 de Maio e 1 de Junho de 2001.

Fonte: www.mmc.de/bio/pet.shtml

³ “A Temperatura média radiante (T_{mrt}) é definida como a temperatura uniforme de uma superfície envolvente negra, como a qual o corpo humano tem as mesmas transferências radiativas do que com o ambiente real, frequentemente não uniforme (Fanger, 1972; Mayer e Matzarakis, 1997). A T_{mrt} permite integrar o conjunto de fluxos radiativos (...) do ambiente” (Andrade, 1998).

2.3. Índices baseados na integração de diversas variáveis atmosféricas

Neste grupo, incluem-se índices muito variados, em que não se estabelecem correlações entre variáveis isoladas e o conforto, mas entre este e a integração das diversas variáveis em tipos de tempo, massas de ar ou “situações sinópticas” definidas dos mais diferentes modos (qualitativa ou quantitativamente).

DOIS EXEMPLOS

O primeiro exemplo é extraído de um estudo, em que se pretende dar ao turista que visita o Funchal (na Ilha da Madeira), informações concretas sobre o tipo de tempo que pode esperar nas várias décadas do ano (Alcoforado *et al.*, 1999b). Em vez dos abstractos valores anuais, que se podem eventualmente encontrar em folhetos turísticos, procurou-se “concretizar”, partindo da descrição do estado do tempo, que qualquer pessoa entende, adaptando a metodologia proposta por Besancenot, Mounier e Lavenne (1978). Cada dia foi classificado em função de combinações de variáveis, definidas subjectivamente a partir do conhecimento pessoal do clima do Funchal (um dos autores é madeirense). A designação corresponderá ao juízo que a maior parte das pessoas poderá fazer. Do referido artigo, refere-se a parte correspondente ao Verão (fig.3).

Assim, uma das classes, (Classe 1, “Muito bom tempo”) corresponde a dias em que a insolação é superior a 8 horas, em que a temperatura máxima oscila entre 25 e 30°C, a tensão do vapor entre 4 e 25 hPa e a velocidade do vento é inferior a 18km/h. Na classe seguinte, os parâmetros são os mesmos, excepto a temperatura, que é mais baixa (entre 20 e 25°): “Bom tempo com Sol”. E assim sucessivamente até ao tipo 7, em que se agruparam os dias que, devido à precipitação, nebulosidade e/ou vento forte não terão condições para actividades de lazer ao ar livre. Qualquer pessoa poderá, com os seus critérios pessoais sobre o que é “bom” ou “mau” tempo, analisar a frequência de ocorrência de tipos de tempo, que considera mais adequados à actividade que se propõe desenvolver. À primeira vista, nota-se, no gráfico da figura 3, um grande aumento das classes 1 e 2, a partir da 2ª década de Julho.

Um segundo exemplo introduz já o tema seguinte. Trata-se de uma classificação subjectiva da circulação atmosférica em nove classes, para Abril de 1988. Pretendeu verificar-se se existia alguma relação entre o número de crianças que se deslocavam à urgência com crises de asma e a situação sinóptica (Alcoforado, 1992).

Foi feita uma classificação em 4 tipos de anticiclones, 4 tipos de situações perturbadas e um de pântano barométrico, baseada na classificação de A. e D. de Brum Ferreira (1983). As frequências de situações anticiclónicas e de pântanos barométricos foram posteriormente agrupadas (ocorreram em cerca de 40% dos dias); o conjunto de situações depressionárias ocorreu em 60% dos dias. Foi possível verificar que, nos dias anticiclónicos, ocorreram à urgência 60% das crianças com crises de asma. Nas mais frequentes situações depressionárias, apenas 40% das crises de asma foram desencadeadas, provavelmente devido a menor estabilidade atmosférica, que terá impedido a concentração de alérgenos e poluentes nos níveis inferiores da camada limite. Claro que se tratou apenas de um estudo preliminar, mas que confirma a existência de uma relação indirecta entre o tempo atmosférico e a saúde humana.

TIPOS DE TEMPO DE VERÃO

<p>Muito bom tempo com sol</p> <p>TIPO 1</p> <p>$I \geq 8 \text{ h}$ $P = 0 \text{ mm}$ $25 \text{ C} \leq T < 30 \text{ C}$ $V < 18 \text{ Km/h}$ $4 \text{ hpa} < U < 25 \text{ hpa}$</p>	<p>Tempo quente e pesado</p> <p>TIPO 5</p> <p>$I \geq 8 \text{ h}$ $P = 0 \text{ mm}$ $25 \text{ C} \leq T < 30 \text{ C}$ $V < 18 \text{ Km/h}$ $25 \text{ hpa} \leq U < 31 \text{ hpa}$</p>
<p>Bom tempo com sol</p> <p>TIPO 2</p> <p>$I \geq 8 \text{ h}$ $P = 0 \text{ mm}$ $20 \text{ C} \leq T < 25 \text{ C}$ $V < 18 \text{ Km/h}$ $4 \text{ hpa} < U < 25 \text{ hpa}$</p>	<p>Bom tempo com vento forte</p> <p>TIPO 8</p> <p>$I \geq 8 \text{ h}$ $P = 0 \text{ mm}$ $20 \text{ C} \leq T < 30 \text{ C}$ $V \geq 18 \text{ Km/h}$ $4 \text{ hpa} < U < 25 \text{ hpa}$</p>
<p>Bom tempo com cobertura nebulosa parcial</p> <p>TIPO 3</p> <p>$3 \text{ h} \leq I < 8 \text{ h}$ $P = 0 \text{ mm}$ $20 \text{ C} \leq T < 30 \text{ C}$ $V < 18 \text{ Km/h}$ $4 \text{ hpa} < U < 25 \text{ hpa}$</p>	<p>Tempo desfavorável ao turismo</p> <p>TIPO 7</p> <p>Todos os outros tipos de tempo</p>
<p>Bom tempo com braves episódios pluviosos</p> <p>TIPO 4</p> <p>$I \geq 3 \text{ h}$ $0.1 \text{ mm} \leq P \leq 1 \text{ mm}$ $20 \text{ C} \leq T < 30 \text{ C}$ $V < 18 \text{ Km/h}$ $4 \text{ hpa} < U < 25 \text{ hpa}$</p>	<p>I = Duração da insolação P = Precipitação T = Temperatura máxima V = Velocidade do vento (15 h) U = Tensão de vapor (15 h)</p>

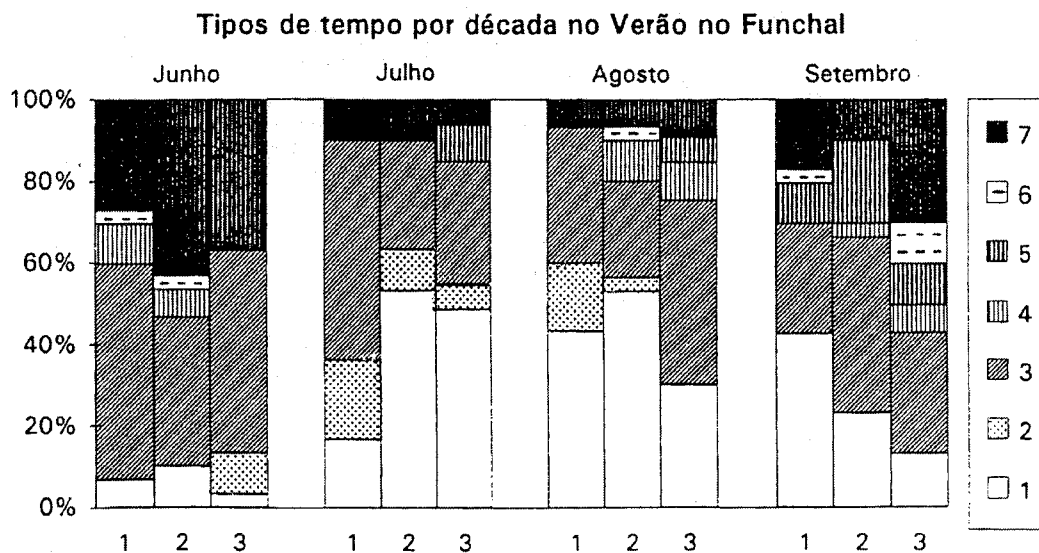


Figura 3 – Tipos de tempo de Verão no Funchal (Madeira). Elaborado a partir de dados diários de 1977/78, 1980/81 e 1984/85.

Fonte: Alcoforado et al., 1999b

III. CLIMA E SAÚDE

Nos manuais (como Thompson e Perry, 1997), são referidas e exemplificadas as acções “directas”, “indirectas” e “mistas” do clima sobre o ser humano. Por outro lado, de 1989 para cá, Jean Pierre Besancenot tem vindo a editar fascículos de *Climat et Santé*⁴, onde é regularmente feita uma actualização deste tipo de estudos pluridisciplinares. O mesmo autor reuniu numerosos artigos de diferentes especialistas, em 1992, no livro *Risques Pathologiques*, concluindo que se deverão também passar a utilizar variáveis explicativas menos “convencionais” como o campo eléctrico, a ionização, os poluentes atmosféricos (incluindo os micro-poluentes), que se deverá sensibilizar os médicos, nomeadamente os responsáveis pela saúde pública para a necessidade de constituição de bases de dados clínicas, tão detalhadas quanto possível e finalmente que a utilização de metodologias apropriadas deve ser alvo de ampla discussão. Hoje em dia, quase 10 anos depois, alguns destes problemas ainda não estão resolvidos (veja-se à frente o projecto IACHE). O tema “Clima e saúde” é vastíssimo e impunha-se uma drástica selecção dos temas a apresentar. Decidiu apresentar-se alguns exemplos concretos, referentes a Portugal, e referir um projecto europeu, terminado há pouco, que visou implementar este tipo de investigação.

1. Alguns exemplos portugueses

Em Portugal, desde muito cedo se notou uma grande curiosidade dos médicos pelo conhecimento do estado do tempo e da influência que este poderia exercer no ser humano. O Funchal é, desde há muito, conhecido pelo seu clima favorável ao tratamento de certas doenças do foro respiratório, tendo servido de estância de cura para numerosos estrangeiros: os mais numerosos foram os Ingleses e a mais famosa terá sido a Imperatriz Elisabeth da Austria (1837-1898), que permaneceu alguns meses nesta ilha. Um século antes, já um médico fazia observações meteorológicas no Funchal (entre 1747 e 1753). Um outro instalou, no Porto, uma estação, que funcionou durante um certo tempo, e de que existem dados diários para o ano de 1792. Em Lisboa, depois de algumas experiências no sec. XVIII, as observações meteorológicas regulares foram iniciadas por Marino Miguel Franzini, em 1815, a pedido de um médico, Dr. Bernardino Gomez, que pretendia estudar a saúde pública (Alcoforado *et al.*, 1999). No início do século XX, médicos como Dalgado (1918), Silva Teles (1924) e Narciso (1938) utilizaram frequentemente observações meteorológicas ou informação climática. Durante um certo tempo, foi mesmo editada uma revista, com o nome “Clima, Higiene e Hidrologia”.

Bento Rodrigues, que viveu entre 1921 e 1986, foi um Meteorologista que muito desenvolveu a Biometeorologia em Portugal. Escreveu artigos sobre a influência do tempo e do clima na asma, nos ataques cardíacos, nas doenças cardio-vasculares e no reumatismo (Bento Rodrigues, 1978, 1980, 1983, entre outros.)

As relações clima-saúde-mortalidade variam não só no espaço, como no tempo e tiveram como consequência a modificação do ritmo estacional da mortalidade em Lisboa. Ao máximo estival, que se observava a meados do século XIX, sucedeu um máximo de Inverno, a partir de meados do século XX (Alcoforado *et al.*, 1999).

Hoje em dia, há numerosos grupos de investigação sobre este tema, como o do Hospital pediátrico D. Estefânia, em Lisboa. A equipa de Rosado Pinto *et al.* (1999) verificou a existência de uma

⁴ *Climat et Santé. Cahiers de Bioclimatologie et Biométéorologie humaines*. Groupement de Recherche “Climat et Santé” Université de Bourgogne, CNRS, 7, Boul. Jeanne d’Arc, F-21033 Dijon, France

correlação negativa, estatisticamente significativa, entre a temperatura mínima e as casos agudos de asma em crianças ($R=-0.46$). No trabalho referido atrás (Alcoforado, 1992), a relação positiva mais forte foi encontrada entre o número de casos de asma (médias de 3 dias) e a amplitude térmica diurna (no mesmo período). No desencadeamento da asma, parecem existir duas principais relações de causalidade; uma relação “directa” com a temperatura e outra, “indirecta”, com a estabilidade do ar. No primeiro caso, a inalação do ar frio seria a causa de recrudescimento de crises de asma; no segundo, as condições de estabilidade atmosférica do ar permitiriam uma maior concentração de poluentes ou outros alérgenos na baixa troposfera, que também contribuiria para o mesmo fim. Em Rosado Pinto *et al.* (1999), foi também verificada uma correlação positiva com os seguintes poluentes atmosféricos: SO_2 , NO_2 e O_3 .

O Observatório Nacional de Saúde do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge emite boletins com a previsão “em tempo real” do risco do incremento da mortalidade por causas térmicas, para o qual foi desenvolvido o índice “Ícaro” (Nogueira *et al.* 1999; Garcia *et al.*, 1999). Esta pesquisa desenvolve-se em colaboração com o Centro de Análise e Previsão do Tempo do Instituto de Meteorologia.

Paralelamente, no Instituto de Meteorologia, é editado diariamente um índice UV, que constitui uma “informação quantitativa da intensidade da radiação UV-B, que tem efeitos na saúde humana” (Henriques, 1999): “O programa de previsão IUV (..) pretende seguir as recomendações da OMM e da OMS e fornecer ao público uma informação útil, de forma clara e simples, com vista a uma prevenção mais eficaz contra os perigos da exposição exagerada à radiação solar”.

2. O Projecto IACHE

Em 1999, foi lançado o projecto IACHE (*Interdisciplinary Approach to Climate and Health Research*), incluído no programa ENRICH da UE. Cientistas de formações diversas trocaram impressões sobre os principais objectivos, metodologias e necessidades deste tipo de investigação, em três reuniões que decorreram em Maastrich, Lisboa e Barcelona (entre os finais de 1999 e meados de 2000). Os relatórios parciais e final encontram-se na internet em <http://www.bham.ac.uk/geography/IACHE.htm> e foram elaborados pelo coordenador do projecto, Glenn McGregor. O problema da disponibilidade dos dados foi longamente debatido, assim como das principais doenças “meteoro-sensíveis” que interessaria estudar, em diversos locais do globo, utilizando a mesma metodologia, para tornar comparáveis os resultados. Concluiu-se pelo interesse de se proceder ao estudo da encefalite provocada por carraças e do aumento da mortalidade, devida a vagas de calor. A metodologia para estudo desta última foi alvo de discussão em Barcelona. O método das “massas de ar”, proposto por Kalkstein, que será utilizado por diversos investigadores, encontra-se esquematizado na figura 4 e descrito na página da internet acima indicada.

REMATE

Estes exemplos permitiram mostrar, creio, o interesse, a actualidade e a necessidade da prossecução dos estudos sobre a relação entre tempo e/ou o clima, por um lado, e o organismo humano, por outro. Todos os investigadores se deparam com grandes dificuldades na obtenção de dados fiáveis, e a escalas temporais e espaciais compatíveis e comparáveis. Foi iniciada, com o projecto IACHE, uma tentativa de unir esforços, seleccionando metodologias comuns, que permitirão a futura e efectiva comparação de trabalhos efectuados por diferentes investigadores, mesmo quando geograficamente distantes; este prodedimento poderá conduzir não só a resultados válidos localmente, mas ao estabelecimento de conclusões generalizáveis e úteis.

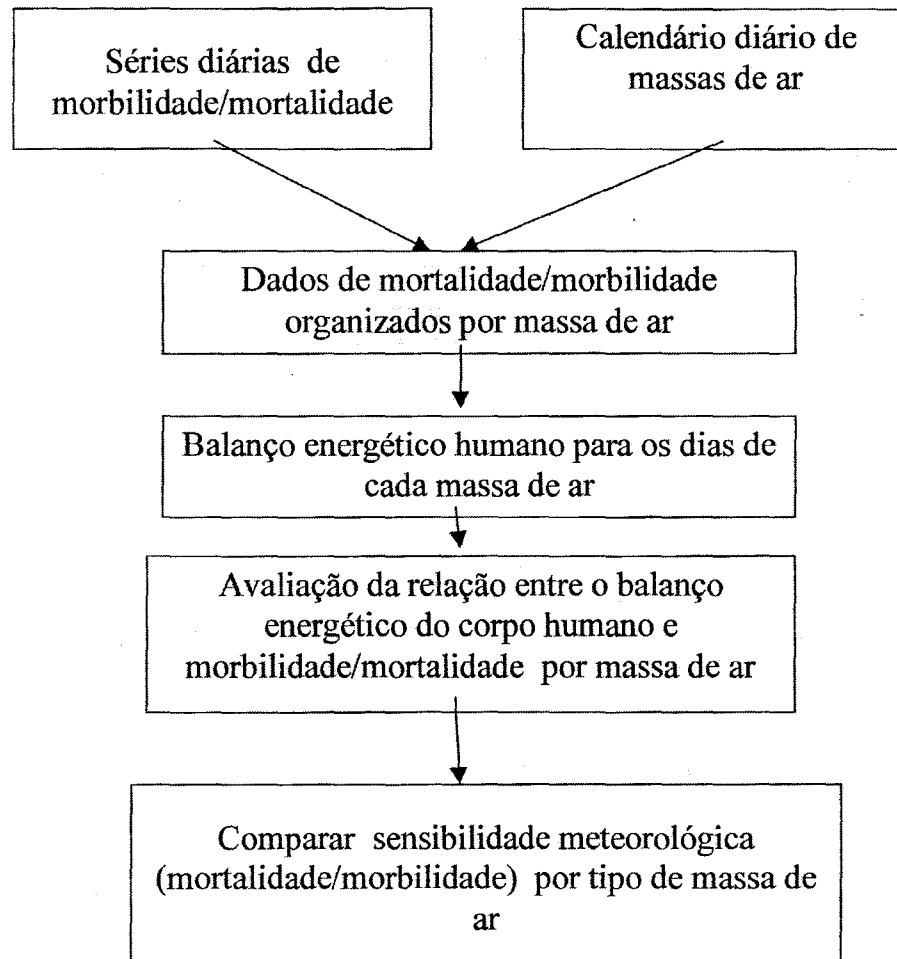


Figura 4: Esquema do método de Kalkstein para o estudo da mortalidade devida a vagas de calor.
Fonte: www.bham.ac.uk/geography/IACHE.htm: relatório do projecto IACHE, elaborado por Glenn Mc Gregor).

Um mais profundo conhecimento da relação entre o clima e o organismo humano permitirá – espera-se – contribuir, por um lado, para tornar o Homem menos dependente das agressões atmosféricas e, por outro, ajudá-lo a aproveitar melhor as potencialidades climáticas das diversas regiões do globo.

Algumas referências bibliográficas

ALCOFORADO, M.J. (1992): "Influence du temps atmosphérique sur l'aggravation de troubles respiratoires à Lisbonne". In J.P. BESANCENOT, (ed.) "*Risques Pathologiques, Rythmes et Paroxysmes Climatiques*", John Libbey Eurotext, ed.: 147-156.

ALCOFORADO, M.J. (1996): "Ambiances bioclimatiques estivales de quelques espaces verts de Lisbonne". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol.9: 273-280.

ALCOFORADO, M.J., NUNES, M.F., GARCIA, J.C. (1997): "Climat et Société à Lisbonne avant la mise en place institutionnelle des observations météorologiques". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol.10: 75-83.

ALCOFORADO, M.J., NUNES, M.F., GARCIA, R. (1999a): "A percepção da relação clima-saúde pública em Lisboa, no século XIX, através da obra de Marino Miguel Franzini". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol. temático, nº1, p. 31-40.

ALCOFORADO, M.J., DIAS, A., GOMES, V. (1999b): "Bioclimatologia e Turismo. Exemplo de Aplicação ao Funchal". *Isleha*, nº25, p.29-37.

ALCOFORADO, M.J. (2000): "Riscos Climáticos". In *Actas do Colóquio "Geografia dos Riscos"*, Universidade de Lisboa, CEG: 35-41.

ANDRADE, H. (1998): "O desconforto térmico estival em Lisboa, uma abordagem bioclimática". *Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia*, XXXIII(66): 41-58.

ANDRADE, H. (2000): "Bioclimatologia Humana. Novas perspectivas". *Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia*. XXXV(69):157-159.

AULICIEMS, A. (1981): "Towards a psycho-physiological model of thermal perception". *International Journal of Biometeorology*, 25(2):109-122.

AULICIEMS, A. (1997): "Comfort, clothing and health". In THOMPSON, R.; PERRY, A. (ed.) *Applied Climatology, Principles and Practice*, part 3, Routledge, London: 155-174.

AULICIEMS, A. (1998): "Human Bioclimatology: An Introduction". In AULICIEMS, A. (1998) "*Human Bioclimatology*", Springer-Verlag, Berlin: 1-6.

AULICIEMS, A., ed. (1998): "Advances in Bioclimatology, nº 5", *Human Bioclimatology*, Springer-Verlag, Berlin.

AULICIEMS, A., DE DEAR, R. (1998): "Thermal adaptation and variable indoor Climate control". in AULICIEMS, A., *Human Bioclimatology*, Springer-Verlag, Berlin: 61-86.

BESANCENOT, J. P. (1990): "*Climat et Tourisme*". Masson, Paris.

BESANCENOT, J. P. (1992): “*Risques Pathologiques. Rythmes et Paroxysmes climatiques*”. J. Libbey Eurotext, Paris.

BESANCENOT, J.P., MOUNIER, J., LAVENNE, F. de (1978): “Les conditions climatiques du tourisme littoral: une méthode de recherche compréhensive”. *Noroi*, XXV (99): 357-382.

BECKER, S. (1998): “Heat-Stress regions in Israel”. *International Journal of Biometeorology*, 59: 251-259.

BLAZEJCZYK, K., KRAWCZYK, B. (1994): “*Bioclimatic Research of the human heat balance*”. Polish Academy of Sciences, Varsovia.

BLAZEJCZYK, K., NILSON, H., HOLMÉR, I. (1993): “Solar heat load on man”. *International Journal of Biometeorology*, 37: 125-132.

BRAZEL, A., MARTIN, J. (1997): “Town planning, architecture and building”. In THOMPSON, R., PERRY, A. (ed.) “*Applied Climatology, Principles and Praticce*”, part 3: 175-186, Routledge, London.

BURT, J. E., O'ROURKE, A., TERJUNG, W. H. (1982): “The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature I. Modeling Considerations”. *International Journal of Biometeorology*, 26(1): 3-23.

CARVALHO, R. C. (1999): “A influência das condições meteorológicas e do clima sobre as doenças humanas”. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol. Temático 1: 23-43.

CHOISNEL, E., LILIENTHAL, I. (1989): “Les indices en bioclimatologie humaine”. *Presse thermale et climatique*, 126, 1: 24-27.

CLARKE, J. F., BACH, W. (1971): “Comparison of the confort conditions in diferent urban and suburban microenvironments”. *International Journal of Biometeorology*, 15(1): 41-54.

DALGADO, D. G. (1914): “*The climate of Portugal and notes on its health resorts*”. H.K. Lewis. London.

DE DEAR (1989): “Diurnal and Seasonal Variations in the Human Thermal Climate of Singapore”. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 10 (1): 13-26.

DE DEAR, R. J., LEOW, K. G., FOO, S. C. (1991): “Thermal comfort in the humid tropics: field experiments in air conditioned and naturally ventilated buildings”. *International Journal of Biometeorology*, 34: 259-265.

DE FREITAS, C. R. (1985): “Assessment of human bioclimate based on thermal response”. *International Journal of Biometeorology*, 29(2): 97-119.

DE FREITAS, C. R. (1987): “Bioclimates of heat and cold stress in New Zealand”. *Weather and Climate*, 7: 55-60.

DIXON, J. C., PRIOR, M. J. (1987): "Wind-Chill indices - a review". *The Meteorological Magazine*, 116 (1374): 1-16.

ELIASSON, I. (1990/91): "Urban Geometry, surface temperature and air temperature". *Energy and Building*, 15-16: 141-145.

EVANS, J. M., DE SCHILLER, S. (1996): "Application of microclimate studies in town planning: a new capital city, an existing district and urban river front development". *Atmospheric Environment*, 30(3): 361-364.

FANGER, P. O. (1972): "*Thermal Comfort*". McGraw-Hill.

FERREIRA, A. B., ROXO, M. J., VIEIRA, M. J., QUINTAL, R. (1983): "*Ambiência atmosférica e recreio ao ar livre*". Relat. nº 17 da L. A. G. F., Centro de Estudos Geográficos, I.N.I.C., Lisboa.

FERREIRA, D. B. (1984): "*Le Système Climatique de l'Upwelling Ouest Ibérique*". Relat. nº 19 da L. A. G. F., Centro de Estudos Geográficos. I.N.I.C., Lisboa.

FERREIRA, A. B., FERREIRA, D. B. (1983): "A seca de 1980-81 em Portugal. Causas meteorológicas e tipos de tempo". *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*, XVIII(35):27-63.

GAGGE, A. P., STOLWIJK, J. A. J., NISHI, Y. (1971): "An Effective Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response". *ASHRAE Transactions*, 77(II): 247-262.

GARCIA, A. C., NOGUEIRA, P. J., FALCÃO, J. M. (1999): "Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol. Temático 1: 67-77.

GILES, B. D., BALAFOUTIS, C., MAHERAS, P. (1990): "Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988". *International Journal of Biometeorology*, 34: 98-104.

GIVONI, B. (1974): "Architectural and urban planning in relation to weather and climate". *Progress in Biometeorology*, (Tromp e Bouma ed.), vol. 1(1a): 183-193.

GIVONI, B. (1991): "Impact of planted areas on urban environmental quality: a review". *Atmospheric Environment*, 25B(3): 289-299.

GIVONI, B. (1992): "Climatic aspect of urban design in tropical regions". *Atmospheric Environment*, 26B(3): 397-406.

GOLANY, G. S. (1996): "Urban Design morphology and thermal performance". *Atmospheric Environment*, 30(3): 455-465.

GOMES, P.T., FERREIRA, D. B. (1996): "Les vagues de chaleur de Juillet 1995 dans la Peninsule Ibérique". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 9: 109-116.

GONZALEZ, R. R., NISHI, Y., GAGGE, A. P. (1974): "Experimental evaluation of Standart Effective Temperature, a New Biometeorological Index of Man's Thermal Discomfort". *International Journal of Biometeorology*, 18(1):1-15.

HENRIQUES, D. (1999): "Programa operacional de previsão do índice UV em Portugal". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol.temático, nº1: 47-60.

HENSEL, A. (1981): "*Thermoreception and temperature regulation*". London, Academic Press.

HENSEL, H. (1979): "Thermoreception and comfort in Man". In TROMP, S. W., BOUMA, J. J., "*Biometeorological Survey*", Vol. 1, Part A: 3-9, Heyden & Son, London.

HÖPPE, P. (1993): "Heat Balance Modelling". *Experientia*, 49, 9: 741-747.

HÖPPE, P. (1997): "Die Physiologisch Äquivalente Temperatur PET". *Annalen der Meteorologie*, DWD Offenbach, 33: 108-112.

HÖPPE, P. (1999): "The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment". *International Journal of Biometeorology*, 43:71-75.

HSIA, L. B., LU, J. K. (1988): "Association between temperature and death in residential populations in Shanghai". *International Journal of Biometeorology*, 33: 47-51.

ISO 7730 (1984): "*Moderate Thermal Environments – Determination of The PMV And PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfor*". International Standards Organisation, Geneva.

JAUREGUI, E., CERVANTES, J., TEJEDA, A. (1997): "Bioclimatic conditions in Mexico City - an assessment". *International Journal of Biometeorology*, 40: 166-177.

JENDRISKY, (1979): "Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibubg des thermisches Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung (Klima-Michel- Model)". *Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung*, 28. H. Schroedel, Hannover.

JENDRITZKY, G., NUEBLER, W. (1981): "A model analysing the urban thermal environment in Physiologically Significant Terms". *Arch. Met. Geoph. Biokl.*, ser. B, 29 (31): 313-326.

KALKSTEIN, L. S., DAVIS, R. E. (1989): "Weather and human mortality: an evaluation of demographic and interregional responses in the United States". *Annals of the Association of the American Geographers*, 79, 1.

KALKSTEIN, L.S. (1998): "Climate and Human Mortality: Relationships and Mitigating Measures". In AULICIEMS, A. (ed.), "*Advances in Bioclimatology*", vol.5, Springer Verlag, Berlin.

KUNST, A. E., LOOMAN, C. W. N., MACKENBACH, J. P. (1993): "Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: A time-series Analysis". *American Journal of Epidemiology*, 137 (3): 331-341.

LANDSBERG, H. E. (1972): "The assessment of human bioclimat". *W. M. Org. Techn. Notes*, 123: 1-36.

LERCHL, A. (1999): "Changes in the seasonality of mortality in germany from 1946 to 1995: the role of temperature". *International Journal of Biometeorology*, 42: 84-88.

MATZARAKIS, A., MAYER, H. (1991): "The extreme heat wave in Athens from the view point of Human Biometeorology". *Atmospheric Environment*, 25B: 203-211.

MATZARAKIS, A., MAYER, H. (1997): "Heat stress in Greece". *International Journal of Biometeorology*, 41: 34-39.

MATZARAKIS, A., BECKRÖGE, W., MAYER, H. (1998): "Future perspectives in Applied Urban Climatology". In *Proceedings of the second Japanese-German meeting, Report of Research Center for Urban Safety and Security*, Kobe University, Special Report n° 1: 109-122.

MATZARAKIS, A., MAYER, H., IZIOMON, M.G. (1999): "Application of a universal thermal index: physiological equivalent temperature". *International Journal of Climatology*, 43: 76-84.

MAYER, H. (1993): "Urban Bioclimatology". *Experientia*, 49: 957-963.

MAYER, H., MATZARAKIS, A. (1997): "The urban heath island seen from the angle of human-biometeorology". *Proc. Intern. Sympos. Monit. Urban Heath Island*, Fujisawa (Japan) - in Keio Univ.: 84-95.

MAYER, H., MATZARAKIS, A. (1998): "Human-biometeorological assessment of urban microclimates thermal component". In *Proceedings of the second Japanese-German meeting, Report of Research Center for Urban Safety and Security*, Kobe University, Special Report n° 1: 155-168.

MAYER, H., HÖPPE, P. (1987): "Thermal comfort on man in different urban environments". *Theor. Appl. Climat.*, 38: 43-49.

MCGREGOR, G. (2001): Relatórios sobre os três seminários do projecto final e relatório final na internet em <http://www.bham.ac.uk/geography/IACHE.htm>.

MILLS, G. (1997): "An urban canopy-layer climate model". *Theor. Appl. Climatology*, 57: 229-244.

MORGAN, D. L., BASKETT, R. L. (1974): "Comfort of Man in the City. An Energy Balance Model of Man - Environment Coupling". *International Journal of Biometeorology*, 18(3): 184-198.

- NOGUEIRA, P. J., NUNES, B., DIAS, C. M., FALCÃO, J. M. (1999): “Um sistema de vigilância e alerta de ondas de calor com efeitos na mortalidade: o Índice Ícaro”. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol.temático, nº1: 79-84.
- NUNEZ, M., OKE, T.R. (1980): “Modeling the daytime urban surface energy balance”. *Geographical Analysis*, 12: 373-386.
- OKE, T. R. (1987): “*Boundary Layer Climates*”. Routledge, London.
- OKE, T. R. (1988): “The urban energy balance”. *Progress in Physical Geography*, 12(4): 471-508.
- OKE, T. R. (1997): “Urban climates and global environmental change”. In R. D. THOMPSON e E. PERRY, “*Applied climatology*”, Routledge, London: 273-287.
- O'ROURKE, P. A., TERJUNG, W. H. (1981): “Urban parks, Energy Budgets and surface temperature”. *Arch. Met. Geoph. Biokl.*, ser. B 29: 327-344.
- PARSONS, K. C. (1993): “*Human thermal environments. The Principles and the Practice*”. Taylor & Francis, London.
- PETERSDORF, R. G. (1982): “Altérations de la température corporelle”. In HARRISON, T. H., *Principes de Médecine interne*: 54-62, Flammarion Médecine-Sciences, Paris.
- PLATE, E.J., DAVENPORT, A. (1995): “The risk of wind effects in cities”. CERMAK (eds.) “*Wind climate in cities*”: 1-20.
- RODRIGUES, B. C. M. (1978): “Considerações acerca da variação estacional da mortalidade por doenças cérebro-vasculares em Portugal”. *Revista Portuguesa de Clínica e Terapêutica*, nº4 (3), p.34-53.
- RODRIGUES, B. C. M. (1980): “O estado do tempo e a asma”. *O Médico*, Porto, 1(1501): 539-562.
- RODRIGUES, B. C. M. (1983): “A influência do clima na saúde humana. As doenças meteorotrópicas e a climoterapia”. *Coimbra*, 26:53-57.
- ROHLES, F. H. (1974): “The Measurement and Prediction of Thermal Comfort”. *ASHRAE Transactions*, 80(2): 90-114.
- ROSADO PINTO, J., MORAIS DE ALMEIDA, M. (1999): “A doença alérgica e as condições meteorológicas”. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol.temático, nº1: 61-65.
- STEADAMN, R. G. (1984): “A Universal Scale of Apparent Temperature”. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23: 1675-1687.
- STEADMAN, R. G. (1994): “Norms of apparent temperature in Australia”. *Aust. Met. Mag.* 43: 1-16.

SWAID, H. (1993): "Urban climate effects of artificial heat sources and ground shadowing by buildings". *International Journal of Climatology*; 13: 797-812.

SWAID, H., MAR-HELL, M., HOFFMAN, M. E. (1993): "A bioclimatic design methodology for urban outdoor spaces". *Theor. Appl. Climatology*, 48: 49-61.

TERJUNG, W. (1966): "A Physiological model for determining the degree of meteorological cooling". *Nature*, 210: 486-487.

TERJUNG, W. (1967): "Annual Physioclimatic Stresses And Regimes In The United States". *Geographical Review*, 57: 225-240.

THOMPSON, R., PERRY, A. (ed.): "*Applied Climatology, Principles and Praticce*". Routledge, London.

UNDERWOOD, C. R., WARD, E. J. (1966): "The solar radiation area of man". *Ergonomics*, 9, 2: 155-168.

VDI (1998): "*Methods for the human-biometeorological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning*". VDI- guideline 3787, Part 1, Beuth, Berlin.

WILKS, D. S. (1995): "*Statistical methods in the atmospheric Sciences*". Academic Press, San Diego.

YAN, Y. Y., OLIVER, J. (1996): "The CLO: a utilitarian unit to measure weather/climate comfort". *Int. Journal of Climatology*, 19(9): 1045-1056.