

MANIFESTAÇÕES DE MUDANÇA CLIMÁTICA EM ESPAÇOS URBANIZADOS: O POHTO - UM ESTUDO DE CASO¹

ANA MONTEIRO²

RESUMO

As inúmeras evidências de mudança climática a diferentes escalas espaço-temporais mais do que desencadearem atitudes *catastrofistas* e alimentarem o *status quo* vigente, devem servir para alertar os decisores e a sociedade em geral para a necessidade urgente de observar e actuar no seio do Ecosistema com menos irreverência e com mais humildade.

As manifestações de mudança no balanço energético imputáveis à urbanização podem ser um bom exemplo para demonstrar que o Homem tem actuado no Meio Ambiente com demasiado optimismo relativamente aos efeitos das suas acções noutras componentes do Ecosistema.

A possibilidade de extrair, sem grande esforço, relações de causalidade entre o tipo de organização espacial e funcionalidade típica nos meios urbanos e a modificação no clima regional facilita substancialmente a percepção da responsabilidade que o Homem tem na degradação de algumas componentes ambientais.

PALAVRAS CHAVE: ecossistema; urbanização; sistema climático; subsistema climático urbano; agrupamento global.

1 - Introdução

Gostariamos de sublinhar com este trabalho algumas das graves consequências resultantes do progressivo distanciamento efectivo do Homem relativamente ao seu suporte ambiental.

O sistema económico em que vivemos, baseado no lucro³, transformou as cidades em componentes imprescindíveis, como suporte artificial para as "trocas" de bens, serviços e informações. Trocas, que não estão de acordo com o que se precisa, mas dependem apenas do que já se tem.

A manutenção deste tipo de relações só é possível graças a um diversificado conjunto de sólidas unidades de gestão dos sistemas económicos internacionais, como a CEE, a OCDE ou o Banco Mundial. Estas grandes organizações internacionais velam para que o sistema vigente funcione, isto é, que as trocas continuem a efectuar-se de acordo com regras impostas por quem detem maior número de recursos. Se nos fosse possível abster-nos de toda a conjuntura socio-económica e política em que vivemos e nos reduzissemos à nossa humilde posição de mais um elemento do Ecosistema⁴,

¹ Este texto foi parcialmente retirado de MONTEIRO, ANA, *O clima urbano do Porto - contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território*, FLUP, Porto, 1993, p.66.

² Professora Auxiliar do Curso de Geografia da F.L.U.P.

³ Ter como objectivo o lucro significa tentar obter, em cada troca, um pouco mais do que aquilo que se dá, o que pressupõe uma relação desequilibrada, absolutamente oposta aquela que preside às trocas no Ecosistema.

⁴ É imperioso clarificar desde já que não é indiferente a utilização que fazemos da palavra Ecosistema e ecossistemas.

Apesar de integrar, desde os finais da década de 80, o vocabulário habitual de um vasto conjunto de actores sociais, económicos e políticos, ou até talvez por isso mesmo, esvaziou-se de conteúdo dada a diversidade de significados que lhe têm vindo a ser associados.

veríamos que este tipo de instituições e sobretudo os objectivos que as justificam são incompreensíveis, desnecessários e geradores de "ruído" no Ecosistema. É precisamente o conhecimento desta nossa frágil posição no Meio Ambiente que nos assalta as consciências, individual e socialmente, e nos faz sentir culpabilizados, por exemplo, pelos inúmeros focos de Fome no globo. Só o respeito pelo direito adquirido de posse dos recursos do uns, impede que outros satisfaçam uma necessidade básica - a alimentação. Problema que outros elementos do Ecosistema resolvem de formas muito mais simples e harmoniosas.

As cidades, projecções integralmente artificiais no espaço das novas necessidades de troca de excedentes, permitiram ao Homem a maior possibilidade de controlar o seu habitat. Este controle, desencadeou e promoveu atitudes de progressiva irreverência relativamente ao Meio Ambiente. O suporte ambiental passou a ser visto como uma entidade "separada". Foi-se perdendo completamente a ideia de "coesão", a favor dum pretencioso conceito de imunidade dos homens face às consequências das suas acções⁵.

Quando apelamos exclusivamente à nossa sensibilidade intuitiva/primária, entendemos facilmente que a visão exageradamente antropocêntrica do Ecosistema, nos conduziu a conceitos de auto-suficiência, de demasiado optimismo e confiança na capacidade de controlar os processos físicos e biológicos. Perdeu-se a noção de limite e de equilíbrio subjacente a qualquer sistema aberto, como é o Ecosistema.

As atitudes perante uma situação de risco, como aquela em que acreditamos se vive actualmente, são porém múltiplas e variadas (Fig.1).

Pretendemos através desta acção individual, desencorajar a primeira alternativa de "não fazer nada" e contribuir para mostrar que é útil dotar os decisores, de elementos adequados, de forma a que as acções políticas, sociais e económicas, incluam, cada vez mais, a noção de um desenvolvimento sustentado no suporte ambiental disponível.

A ambiguidade do significado sugeriu-nos que dentro os inúmeros autores que discutem, do ponto de vista científico, esta noção, recordassemos aqui uma das muitas definições do termo, a de P. DUVIGNEAUD no seu livro *A síntese ecológica*. Segundo este autor o ecossistema é "...o conjunto de todos os organismos que constituem uma biocenose, as diversas relações tróficas ou corológicas que os unem entre si, e todas as interacções com o meio...". É portanto, uma unidade funcional que pode ser aplicada a escalas de análise muito diversas. Como o próprio autor afirma "...no limite, a biosfera composta de todos os ecossistemas mundiais, não é mais do que um gigantesco ecossistema *globo terrestre*, no qual todas as partes são partes perfeitamente solidárias..." (DUVIGNEAUD, P. *A síntese ecológica*, Socclcultar, Lisboa, 1974, p.66).

De acordo com esta definição, decidimos utilizar o singular Ecossistema quando estamos a pensar no nível funcional hierarquicamente superior, que integra o conjunto das biocenoses e os factores de ambiente *globais*. Sempre que nos referimos a biocenoses e biótopos de menor extensão, usamos o termo no plural.

O ecossistema urbano, por exemplo, surge, segundo esta estrutura lógica como um nível de organização intermédio que inclui dentro de si outros subsistemas, mas que integra o gigantesco Ecossistema Global. A perspectiva de análise que pretendemos fazer como adiante se verá, do climátipo português assenta, de maneira muito especial, no facto de não ser possível descurar os contributos recíprocos de todos os níveis organizacionais para o resultado final.

⁵ Ideia sustentada por diversos autores, entre os quais recordamos S. McBURNEY e M. HOUGH quando afirmam:

"...When mechanized and computerized energy has effectively separated most people from pulling their own effort into the procurement of essential resources [...] the resultant consumers are so distanced from what goes into the manufacture of consumer items that there is little reverence for them. In turn, this provides the appropriate psychological subtext in which to nurture the concept of the "throw-away" society..." (McBURNEY, STUART, *Ecology into economics, you'll go or life is not a concept*, Green Books, Cornwall, 1990, p.155).

"...A house is an imposition on the land when the resources necessary to sustain it are funnelled through a one-way system; water supply - bathroom tap - drain - public sewer, or food - kitchen - dump. The byproducts of use serve no useful function..." (HOUGH, MICHAEL, *City form and natural process*, Routledge, London, 1989, p.24).

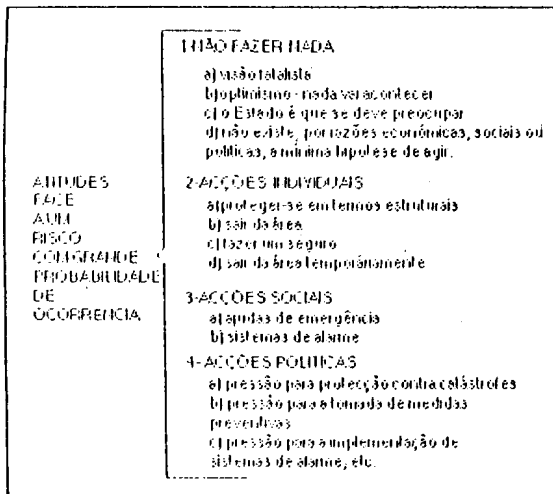


Fig. 1 - Tipologia de atitudes humanas possíveis face a uma situação de risco (OTRIORDAN, 1983, p.212, adaptado).

Acreditamos que o possível conciliar a liberdade individual com o bom comum o que, cada vez menos, a soberania nacional pode ser vista como oposta às preocupações globais com o Meio Ambiente ou que a qualidade de vida e bem-estar da presente geração não passam, necessariamente, por colocar em risco a geração futura.

2 - Objectivo do trabalho

Pretende-se demonstrar que já se vislumbram, na região do Porto, com alguma consistência, os efeitos de uma cidade no clima regional e local assim como também já é possível avaliar algumas consequências que esta modificação de alguns elementos climáticos acarretam para o metabolismo urbano.

O climatopo portuense que adiante escarpelizaremos interessa-nos apenas enquanto parte integrante de um biotopo onde uma comunidade de seres vivos se relacionam.

A noção de "clima" que actualmente se impõe, com insistência, visa sobretudo a necessidade de compreender o clima, mais do que arramá-lo em grandes grupos homogeneizados por características muito genéricas, porque se compreendeu que ligeiras variações climáticas, podem acarretar reajustamentos económicos e sociais, cujos cenários são inimagináveis.

Assim, a aplicabilidade da Climatologia na implementação de uma política de *desenvolvimento sustentado*, implica a adopção de um conceito de clima como um sistema aberto, activo e complexo, cuja vitalidade está na dependência directa da capacidade de trocar energia e matéria com o exterior, retardando o mais possível a entropia total. Encarado como um sistema aberto, é passível de uma multiplicidade de estados de equilíbrio, alguns dos quais, colocariam em risco, a presença de vida à superfície da terra.

Notícias de um passado próximo, sublinham-nos o instável equilíbrio do "sistema climático" e alertam para a necessidade de compreender a complexidade desta estrutura organizada capaz de memorizar acontecimentos e conferir-lhe consequências no tempo.

Pensando o clima como o nível de resolução geral do Sistema Climático e acreditando que este sistema global, é constituído por uma série de subsistemas integrados, adivinha-se a co-participação do Homem e da Natureza na elaboração do resultado final (C. MONTEIRO, 1976). O sistema climático é, portanto, uma estrutura global, organizada e hierarquizada horizontalmente (na estrutura) e

verticalmente (na função). ARTHUR KOESTLER, citado por C. MONTEIRO (1976) simboliza esta ideia recorrendo à analogia com uma árvore e com uma caixa chinesa (Fig. 2).

No desenvolvimento do tronco inicial adivinham-se vários níveis de organização ligados por núcleos polarizadores em diversos estratos, que filtram as entradas de energia dos níveis superiores e controlam a passagem dos fluxos produzidos nos níveis inferiores. Segundo Koestler, cada uma destas estruturas organizadas, possui regras fixas do funcionamento. Os elementos a conduzi-lo no processo são, no entanto, variados, proporcionando uma infinidade de resultados finais possíveis (Fig.2).

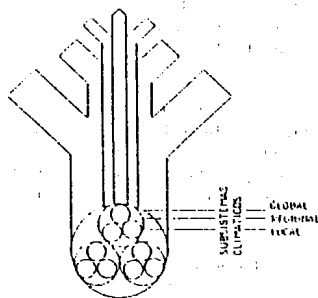


Fig. 2 - Perspectiva sistêmica da Climatologia (C. MONTEIRO, 1976, adaptado).

No caso do sistema climático, acreditamos existirem uma série de regras do funcionamento, mas o clima global vai reflectir as várias soluções adoptadas pelos níveis estruturais inferiores (subsistemas climáticos regionais e locais.) para filtrar, seleccionar e conduzir a energia e a matéria.

Do nosso ponto de vista, torna-se fundamental avaliar o grau de co-participação do homem no nível de resolução geral do sistema climático. Não duvidamos que a utilização de combustíveis fósseis, as actuais práticas agrícolas e a crescente exploração dos cursos de água, se traduzem por incrementos substanciais de elementos químicos no sistema o que dentre outras consequências contribui para uma modificação da composição química da camada gasosa, que separa a superfície da terra da principal fonte energética do Ecosistema. O clima do globo será portanto afectado sobretudo pela alteração sistemática dos resultados finais nos níveis de resolução inferiores.

3. As manifestações de mudança climática na região portuense- efeito do Aquecimento Global vs Incremento do efeito de estufa devido à intensificação do fenómeno de urbanização

O relatório final produzido em 1990 pelo grupo de trabalho da WMO e da UNEP sobre as mudanças climáticas globais, em que se reuniu e tratou, um vasto e diversificado conjunto de informação, é um bom exemplo da ênfase dada ao tema, nos últimos anos, pelos cientistas e sobretudo pelas entidades responsáveis pela manutenção da actual ordem socio-política e económica.

Dentre os factos considerados provados cientificamente, por este grupo de investigadores, ressalta o aumento da temperatura média do globo entre 0.3°C e 0.6°C nos últimos 100 anos e a constatação de que os cinco anos mais quentes do século ocorreram na década de 80. É consensual entre um grande número de investigadores que a variabilidade climática não aumentou nas últimas décadas, embora o facto da temperatura média global ser mais elevada, tornar mais prováveis a ocorrência de temperaturas mais altas do que as mais baixas.

Sabendo que o "efeito de estufa" natural é responsável por manter a Terra mais quente do que estaria sem o seu envoltório gasoso parece evidente que as actividades humanas podem interferir directamente na eficiência deste filtro.

Apesar de provocar um aumento na concentração de alguns gases importantes para o efeito de estufa, e dentre estes em alguns dos mais eficientes no aprisionamento da radiação infra-vermelha, o Homem contribui para alterar a composição química da atmosfera⁶.

Embora o vapor de água seja o principal protagonista, o CO₂ e outros gases parece terem sido também grandemente responsáveis pelo reforço do "efeito de estufa" nos últimos anos. Apesar de discutível, parece também, plausível associar, ainda que parcialmente, a subida do nível médio das águas do mar de 10 a 20cm nos últimos 100 anos, ao eventual aumento do "efeito de estufa" gerado pelas diversas actividades humanas⁷.

Parece legítimo portanto concluir que os ecossistemas estarão, num futuro próximo, perante um novo quadro o que os obrigará a procurar novos equilíbrios beneficiando determinadas espécies e prejudicando outras.

Não esquecendo todavia que a complexidade inerente ao sistema climático, pode dar lugar a significativas e importantes surpresas, torna-se obvio que, caso não sejam tomadas desde já algumas medidas correctivas para travar ou apenas desacelerar alguns dos processos de intervenção do Homem no Sistema Climático, os cenários num futuro próximo se não forem catastróficos do ponto de vista das condições mínimas de sobrevivência do homem, acarretarão pelo menos grandes custos económicos e importantes mudanças na sociedade.

É nesta época de grandes consensos políticos, económicos e científicos, sobre a importância de um melhor conhecimento dos processos climáticos locais, regionais e globais, que se inclui este contributo para a compreensão do comportamento de algumas variáveis climáticas na região do Porto nos últimos anos.

Estando esta cidade situada à latitude de cerca de 41° N⁸, pertence a uma área onde as repercussões do previsível aquecimento global serão particularmente graves.

⁶ Como se afirma em MACDONALD, G.J., SERTORIO, L., 1989, p.90: "...The most important question concerning greenhouse warming is not whether the infrared gases will produce a recognizable global warming, but when they will do so. The underlying physics that connects changes in the atmospheric composition to changes in radiative flux trapped within the atmosphere is well understood. Much less understood are the variety of feedback processes involving the hydrologic cycle and the biosphere..."., não restam dúvidas quanto à importância do contributo das inúmeras intervenções do Homem para a alteração das diversas componentes do Sistema Climático.

Controverso é no entanto demonstrar a magnitude e a intensidade da relação entre as causas e o efeito como concluem WIGLEY, T.M.L., RAPER, S.C.B., 1991, p.481: "...although we judge the observed warming trend to be statistically significant, we cannot claim to have detected the enhanced greenhouse effect...".

⁷ Embora a duplicação da concentração de CO₂ na atmosfera nos permita pensar que o nível médio das águas do mar poderá subir quer pela expansão térmica da água, quer pelo degelo de alguns glaciares, têm vindo a ser divulgadas algumas evidências contraditórias ilustrativas da enorme fragilidade destas deduções demasiado *simplicistas*.

Para além dos degelos e da expansão térmica da água provocados pelo aumento da temperatura, outros factores como a estabilidade ou instabilidade tectónica, de cada região ou o ritmo a que se processarem as extracções do subsolo, contribuirão, igualmente, para a *resolução final* patenteada pelo Ecossistema no futuro.

Segundo MLLIJAN, J.D., 1992, p.51, apesar da costa Mediterrânica ter, em média, assistido a uma subida do nível médio das águas do mar próximo do previsto (1-2 mm/ano), nos últimos anos, e de não ser uma região demasiado instável, do ponto de vista tectónico, o nível médio das águas do mar sobiu muito mais do que o previsto no Rio (4.8mm/ano), em Thessaloniki (4.0mm/ano) e em Venza (7.3mm/ano), enquanto no delta do Reno (1.4mm/ano) foi inferior à média e em Alexandria até descendeu (-0.7mm/ano).

⁸ exemplo da cidade de Banqueocquo, citado no mesmo trabalho, cujo ritmo de subsidência atinge, desde os anos 60, 13 cm/ano, coincidindo com a intensificação do processo de urbanização e com o consequente aumento dos consumos de água por parte de um maior número de pessoas, é particularmente interessante na medida em que patenteia claramente a necessidade de incluir nas *projeções* outras *variáveis* para além do aumento do *efeito de estufa*.

⁸ A cidade do Porto ocupa uma área de cerca de 4000 ha, entre os paralelos 41° 8' N e 41° 11' N e entre os meridianos 8° 33' W e 8° 41' W Greenwich.

Para além de a sua posição em latitude ser susceptível de amplificar os efeitos do aquecimento global médio previsível, tem vindo a associar-se um outro efeito, cuja magnitude e intensidade no subsistema climático, não podemos descurar - a urbanização.

Enquanto teremos de aguardar algumas décadas, pelas consequências do primeiro tipo de causas, os efeitos da urbanização são, como veremos, detectáveis no comportamento de alguns elementos climáticos durante os últimos anos.

3.1. A cidade do Porto - enquadramento geográfico

A cidade desenvolveu-se sobre uma plataforma ligeiramente inclinada para o oceano Atlântico cujas altitudes oscilam entre os 160m (Areosa) e os 0m. O rio Douro e o rio Leça⁹ têm, juntamente com o Homem, modelado o substrato físico onde a cidade se foi implantando (Fig. 3). A maioria dos afluentes destes dois cursos de água, mais importantes, foram reorientados pelas necessidades crescentes de espaço e não são visíveis à superfície, ou são-no apenas em pequenos treços.

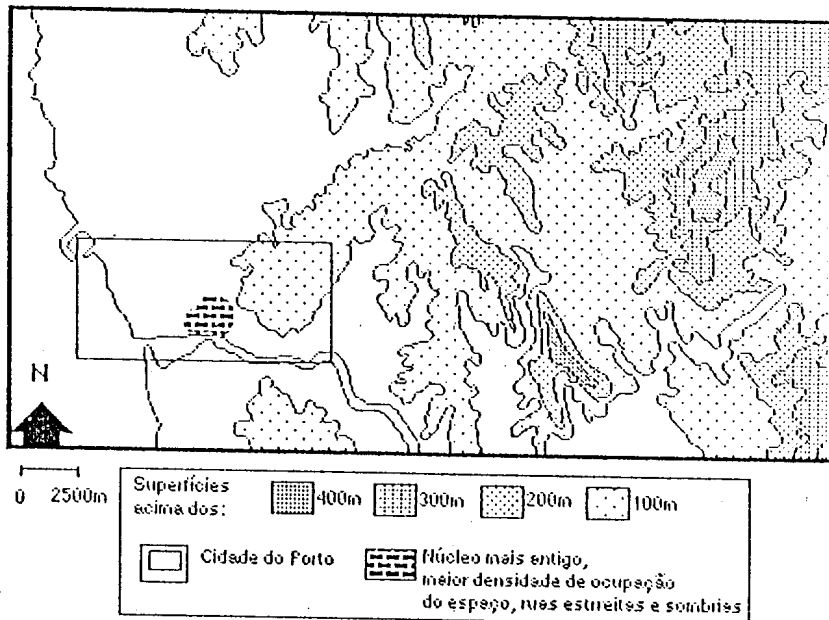


Fig. 3 - A cidade do Porto - enquadramento regional

Os fortes declives de toda a margem S da cidade, área de grande compacidade, com ruas muito estreitas, edifícios antigos e altos, e, a oposição morfológica evidente entre a metade oriental e ocidental da cidade ajuda-nos a compreender também, as *nuances* em termos de tipologia de ocupação do espaço urbano a que se tem assistido nos últimos anos (Fig.3).

Os grandes declives, associados ao desvio e canalização de uma série de pequenos cursos de água, a uma sobreocupação do solo e ainda a uma rede de esgotos e de abastecimento de água muito antiga, incapaz de dar resposta às necessidades crescentes da população, justificam algumas das rupturas de equilíbrio já ocorridas, e alertam para a urgência de definição de estratégias de intervenção no espaço adequadas, de forma a prevenir futuros acidentes.

Embora como se disse ainda esteja envolta em grande controvérsia no seio da comunidade científica especializada nestes temas, gostaríamos de sublinhar a *vitalidade* do substrato físico em que a

⁹Dois dos afluentes da margem esquerda do Rio Leça têm a sua nascente dentro do concelho do Porto. Um próximo do Hospital do S.João e outro na lagoa da Paranhos perto da Av.Fernão Magalhães.

cidade assenta Vitalidade, que pode emergir da constatação que a faixa litoral atlântica da Península Ibérica se está a transformar numa *margem activa* (RIBEIRO, A., CABRAL, J., 1986) realçando a importância da neotectónica nesta área, e do facto de a partir de meados do século passado se ter dado início a uma subida do nível do mar (A. AFAUJO, 1991, p.491), responsável pela fase erosiva actual.

O facto da escala temporal a que se processam estes fenómenos ser quase imperceptível, em termos de uma ou várias gerações, tem feito com que se esqueça, ao nível dos instrumentos de planeamento urbano esta vitalidade do substracto físico que nos interessa aqui reter.

3.2. Evidências de mudança climática na área do Porto desde o início do século XX

A análise dos registos de diversos elementos climatológicos nos últimos 20 anos (A Monteiro, 1993) levou-nos a admitir como uma das principais causas para o aumento, particularmente das temperaturas mínimas e máximas, durante os últimos anos, na região portuense, o extraordinário crescimento económico¹⁰ a que a região assiste, sobretudo a partir dos anos 80 (Fig. 4).

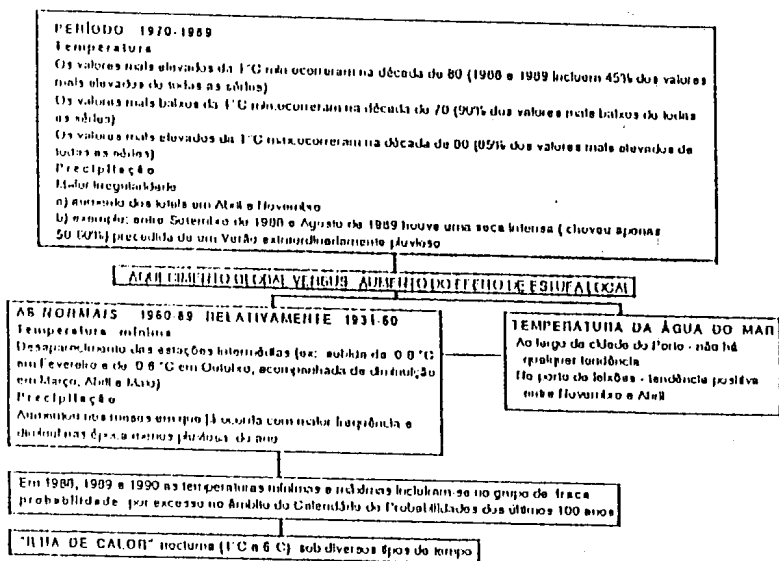


Fig. 4 - Manifestações de mudança climática na região Portuense (A Monteiro, 1993).

Se a distinção entre o que é *nada* e o que é de facto *mudança ou tendência* não tem sido pacífica na história recente da Climatologia (HARE, F.K., 1985, p.37-68), a compreensão das relações de causalidade no seio do Sistema Climático é muito mais controversa.

¹⁰ Induzido por um refoço das pressões sobre as componentes ambientais, tanto no que respeita à exploração directa de recursos naturais, como no que se refere à degradação da qualidade dos mesmos.

Tentamos ultrapassar e atenuar os riscos da hipótese explicativa que sugerimos, por um lado, comparando os dados médios do nosso período com o de outros períodos anteriores, e por outro, analisando o comportamento da temperatura da água do mar, num ponto próximo do Porto, durante o período que estudamos.

Com a análise comparativa dos valores médios para os períodos 1931-60, 1951-80 e 1960-89 pretendemos avaliar o peso relativo do aumento da temperatura verificado no final dos anos 80, no comportamento médio ao longo dos últimos 60 anos.

A partir da análise das temperaturas da água do mar próximo do Porto procuraremos saber se o aumento dos registos de temperatura verificados no ar encontram algum paralelismo também nas águas do mar. Se tal acontecer, o peso das alterações provocadas pelas mudanças à escala global será obviamente o mais importante. Se, pelo contrário, não houver qualquer relação evidente entre o ritmo térmico no continente e no mar a hipótese explicativa fundamentada sobretudo nos efeitos provocados pelo aumento da poluição atmosférica inerente ao tipo de crescimento económico vivido na região depois de 1980 será muito mais verosímil.

3.2.1. Caracterização do período estudado relativamente às Normais Climatológicas publicadas para 1931-60 e 1951-80 - o Porto-Serra do Pilar.

A comparação entre as médias de 30 anos publicadas pelo INMG para 1931-60 e 1951-80 (Quadro I) mostram que quer as temperaturas médias mínimas, quer as temperaturas médias máximas foram, especialmente nos meses de Inverno, mais elevadas no período 1951-80.

As temperaturas médias mínimas foram maiores no período mais recente em Dezembro (+0.1°C), em Janeiro (+0.5°C), em Fevereiro (+0.5°C) e em Julho (+0.2°C).

As temperaturas médias máximas foram superiores entre 1951-80 nos meses de Dezembro (+0.1°C), de Janeiro (+0.2°C), de Maio (+0.4°C), de Julho (+0.1°C) e de Outubro (+0.2°C).

O aumento dos valores médios de temperatura mínima detectáveis quando comparamos os períodos 1931-60 e 1951-80 é ainda muito maior quando estabelecemos a comparação imediatamente com 1900-89 (Quadro I).

Os incrementos sobretudo nas temperaturas mínimas entre Setembro e Fevereiro e em Julho são particularmente relevantes.

Fevereiro registou nos últimos 30 anos, temperaturas mínimas 0.8°C superiores às verificadas durante 1931-60. As temperaturas mínimas de Outubro foram em média superiores 0.6°C do que as registadas durante 1931-60.

Em Setembro, Novembro, Dezembro, Janeiro e Julho as temperaturas mínimas foram também mais elevadas do que no período anterior.

Pelo contrário, Março, Abril e Maio têm vindo a assistir a uma diminuição das temperaturas mínimas durante os últimos anos, em Março, por exemplo, a diminuição rondou os 0.7°C.

A mudança no ritmo térmico inter-estacional é particularmente evidente em Fevereiro e Março. Enquanto durante Fevereiro se assistiu nos últimos 30 anos a um aumento das temperaturas mínimas de 10.8°C, em Março as temperaturas mínimas desceram 1 0.7°C, o que aproximou muito as temperaturas nos dois meses. A transição de um para outro mês, que se traduzia por um aumento médio de 2.5°C, passou a ser de apenas 1.0°C (Quadro I).

Toda a informação climatológica analisada parece apontar para o "desaparecimento das estações de transição" que tão frequentemente nos foi mencionado durante um inquérito à perceptibilidade climática dos portugueses por nós realizado em 1990 (A. Monteiro, 1993). Há um nítido aumento das diferenças entre o Inverno e o Verão.

Quadro I - Comparação das Normais Climatológicas de 1931-60, 1951-80 e 1960-89 para Porto-Serra do Pilar

MÊS	PERÍODO	Tmáx (°C)	Tmín (°C)
JANEIRO	1931-60	13,2	4,7
	1951-80	13,4	5,2
	1960-89	13,4	5,1
FEBREIRO	1931-60	14,2	5
	1951-80	14	5,5
	1960-89	14,2	5,8
MARÇO	1931-60	16,3	7,5
	1951-80	15,9	7
	1960-89	16	6,8
ABRIL	1931-60	18,4	8,8
	1951-80	17,8	8,3
	1960-89	17,5	8,3
MAIO	1931-60	19,6	10,8
	1951-80	20	10,4
	1960-89	19,5	10,6
JUNHO	1931-60	22,6	13,1
	1951-80	22,6	13,7
	1960-89	22,5	13,5
JULHO	1931-60	24,7	14,6
	1951-80	24,8	14,8
	1960-89	24,6	14,9
AGOSTO	1931-60	25	14,6
	1951-80	24,8	14,3
	1960-89	24,9	14,6
SETEMBRO	1931-60	23,7	13,6
	1951-80	23,7	13,5
	1960-89	23,9	13,8
OUTUBRO	1931-60	20,8	10,8
	1951-80	21	11,1
	1960-89	20,9	11,4
NOVEMBRO	1931-60	18,7	7,8
	1951-80	18,6	7,5
	1960-89	16,6	8
DEZEMBRO	1931-60	13,7	5,4
	1951-80	13,8	5,5
	1960-89	13,8	5,7

Esta mudança é bastante mais evidente nas temperaturas mínimas do que nas temperaturas máximas. A irregularidade anual das temperaturas médias mínimas e máximas anuais no período que analisamos confirma de igual modo uma tendência para um aumento progressivo das médias anuais. Repete-se na sequência de valores sempre crescentes resultantes das médias anuais de 4 em 4 anos no Porto-Serra do Pilar desde 1970 até 1990 (Quadro II).

Quadro II - Valores médios anuais de temperatura no Porto-Serra do Pilar (médias de 4 em 4 anos entre 1970 e 1990).

Período	Tmínima (°C)	Tmáxima (°C)
1971-74	9,25	18,6
1975-78	9,75	18,5
1979-82	9,90	18,9
1983-86	10,00	18,9
1987-90	11,00	19,5

Se, como acabamos de constatar, as manifestações da mudança emergem mesmo numa análise tão grosseira, como esta que fizemos em torno dos valores médios de 30 em 30 anos, e se, o sentido e a

direção dos comportamentos que detectámos na análise das médias mensais dos últimos 20 anos surge um encadeamento perfeito da tendência visível de 1931-60 para 1951-80, parece que não restarão dúvidas que a amostra que seleccionámos não patenteia situações *extraordinárias* ou *casuais*.

3.2.2. Análise comparativa das temperaturas da água do mar registadas em dois pontos do Oceano Atlântico próximos da área do Porto

Apesar do período para o qual dispusemos de registos da temperatura da água do mar não coincidir totalmente nos dois pontos localizados no oceano Atlântico, nem com o da nossa amostra anterior (1970-1989), não deixámos de os utilizar, uma vez que nos pareceu essencial para verificar se o aumento da temperatura do ar tem sido, ou não, acompanhado por idêntico comportamento ao nível da temperatura das águas oceânicas próximas do Porto (JONES, P.D., WIGLEY, T.M.L., 1991, p.153-172.).

A temperatura da água do mar é normalmente mais baixa em Janeiro e Fevereiro e mais elevada em Agosto e Setembro embora com uma amplitude de variação anual muito inferior à que ocorre no ar.

S.DAVEAU (1991, p.61-65) cita valores para a temperatura média mensal da água do mar ao largo do Porto da ordem dos 14.1°C em Janeiro e dos 20.4°C em Agosto. Estes valores, segundo a autora, traduzem diferenças relativamente à temperatura do ar de +2.4°C em Janeiro e de -0.8°C em Agosto.

A magnitude das diferenças entre a temperatura em terra e no mar é de grande relevância na conjuntura climática das regiões costeiras como o Porto. A elas se devem, por exemplo, o deslocar de inúmeras situações de instabilidade ou a manutenção de estados de tempo estáveis.

Embora não esperássemos aumentos na temperatura da água do mar tão significativos como os que constatamos no ar, seria de pensar que os valores indicassem já um comportamento semelhante ao que se viveu, nos últimos anos, na área do Porto. A existir algum paralelismo, o aumento das temperaturas do ar poderia ser, ainda que, parcialmente, justificado por uma alteração climática à escala zonal que se enquadraria facilmente nos termos do *Aquecimento Global*.

3.2.2.1. Temperatura da água do mar ao largo da cidade do Porto

O grande número de lacunas e o tamanho da série não nos permitiu, para os registos obtidos no ponto mais afastado da costa portuária (40°N, 10°W)¹¹, outra abordagem para além da regressão linear (A.Monteiro, 1993, p.159).

Nenhuma das séries analisadas evidenciou qualquer comportamento tendencial nítido. Embora haja, aparentemente, uma maior dispersão dos valores nos últimos anos, pelo menos em alguns meses, a sua relevância atenua-se quando observamos a globalidade das séries.

O grau de ajustamento, da nuvem de pontos à recta encontrada, é muito pouco significativo ($p=0.1$), excepto no caso das temperaturas da superfície oceânica registadas em Junho que apresentam uma recta inclinada negativamente cujo grau de significância é ligeiramente superior ao das restantes ($p=0.05$).

Apesar da amostra disponível para este ponto de registo no mar, não ser integralmente coincidente com a que analisamos para a temperatura do ar, no Porto-Serra do Pilar, uma vez que não inclui a década de 80, não parece haver qualquer semelhança no ritmo evolutivo das temperaturas em terra e no mar.

¹¹Para este ponto de observação no mar ao largo da cidade do Porto (40°N e 10W de Greenwich), os valores médios mensais da superfície oceânica foram obtidos através do ficheiro SAS System. Estas listagens, que nos foram gentilmente cedidas pelo Professor YVES RICHARD, do Instituto de Geografia da Universidade de Aix-en-Provence, são cópia de um ficheiro americano COADS e apenas incluem os registos entre 1950 e 1979.

Aproveitamos para agradecer também ao Professor GERARD BELTRANDO do Laboratoire de Météorologie Dynamique du CNRS, Paris, a amabilidade de nos ter tomado possível a obtenção destes dados, bem como o interesse que sempre demonstrou pela resolução das dúvidas em torno do tema que se nos têm levantado.

Desta constatação poderemos deduzir que não sendo, ainda, evidentes as manifestações do *Aquecimento Global* neste ponto de registo, a 40°N 10°W de Gr., o aumento verificado nas temperaturas em terra se deverá provavelmente mais a causas de índole local, como por exemplo a presença nas proximidades de um importante fenómeno de urbanização, como é o Porto, do que a manifestações de mudanças climáticas à escala regional, zonal ou mesmo global.

3.2.2.2. Temperatura da água do mar no porto de Leixões ¹².

Não havendo qualquer comportamento tendencial, ao nível das temperaturas da superfície da água do mar, num ponto relativamente afastado da linha de costa, procuramos para outro ponto de medição disponível mais próximo da área urbana do Porto - o porto de Leixões - observar se os registos entre 1970 e 1990 evidenciam alguma *tendência* no seu comportamento.

Em primeiro lugar, constatamos que o ajustamento das rectas esboçadas está, genericamente, mais ajustada à nuvem de pontos, em qualquer mês do ano, o que torna a correlação obtida muito mais significativa. À excepção dos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro, em que o comportamento das temperaturas da superfície da água do mar não expressa qualquer tendência ao longo dos últimos 20 anos, todos os outros meses do ano têm vindo a registar temperaturas da superfície da água oceânica, sucessivamente mais elevadas.

Seguidamente, observamos que esta tendência de aumento da temperatura foi, especialmente, evidente nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Março e Abril ($r \geq 0.63$ e $p=0.001$). Dentre estes ressaltam, inequivocamente, Dezembro e Janeiro com coeficientes de correlação acima dos 0.70

3.3. Hipóteses explicativas

O facto das águas do mar próximo da linha de costa terem estado, como acabamos de ver, a aquecer ligeiramente ao longo dos últimos 20 anos, especialmente, nos meses de Inverno, influiu certamente nas temperaturas registadas, pelo menos nas estações mais litorais. Afectando a humidade relativa e a evaporação na faixa de contacto entre uma massa continental mais arelecida do que o mar, no Inverno, potenciou com certeza, ainda mais, os habituais efeitos amenizadores na temperatura de que a costa portuense beneficia nesta época do ano.

Todavia, como este aquecimento sucessivo da temperatura das águas do mar não foi extensivo a outros pontos da superfície oceânica mais afastados da costa e da cidade do Porto, parece confirmar-se a ideia de que se trata de um efeito local e não zonal. Assim, terá sido a maior proximidade à costa portuense a justificar este comportamento tendencialmente positivo e relativamente regular das temperaturas da superfície oceânica, e não o inverso.

Embora não possamos colocar inteiramente de lado a hipótese de já se estarem a manifestar, na temperatura da água do mar, os efeitos do *Aquecimento Global*, mencionados por outros autores para as nossas latitudes, o facto de não ter havido qualquer identidade de comportamento ao nível dos registos dum e doutro ponto de medição não contribui para a consolidar.

Parece tornar-se muito mais plausível acreditar que o aumento sucessivo das temperaturas da água do mar é uma das inúmeras consequências associadas ao fenómeno de urbanização que lhe está próximo. Claro que, uma vez iniciado, este aumento propicia efeitos multiplicadores que se repercutem também nas temperaturas do ar dos lugares mais próximos do litoral, ao alterarem a humidade, a evaporação e/ou as condições de estabilidade e instabilidade do ar.

As causas que justificam os **incrementos sucessivos** a que se tem vindo a assistir nas temperaturas de Porto-Seira do Pilar parecem portanto dever-se principalmente ao agravamento do efeito de estufa local, causado pelo fenómeno de urbanização acelerado que a área envolvente da estação tem vivido, especialmente, nas duas últimas décadas.

¹²Agradecemos ao Ex.mo Sr. Dr. Oliveira Pires, da Divisão de Meteorologia Marítima, do INMG, a boa vontade, o interesse e a celeridade com que atendeu o nosso pedido de dados de temperatura média mensal das águas do mar no porto de Leixões (41°10'N e 8°42'W de Greenwich) entre 1970 e 1990.

A maior quantidade de calor emitido pelo crescente número de máquinas utilizadas, tanto na indústria como nas tarefas domésticas, a alteração do balanço energético criada pela maior superfície de absorção da energia solar e pelo tipo de materiais utilizados na construção dos edifícios, com grande capacidade de absorção e retenção do calor, a quase total impermeabilização do solo, a presença quase constante de uma *carapaça* de poeiras e poluentes sobre a cidade, têm sido os principais responsáveis pelo aumento das temperaturas observado nos registos de Porto-Serra do Pilar.

Ao comparar os registos de temperatura, mínima e máxima, em várias estações climatológicas, localizadas na proximidade da cidade do Porto, constatamos que os valores têm vindo a aumentar ao longo dos últimos vinte anos, especialmente a partir de meados da década de 80. Só em 1988 e 1989 ocorreram cerca de 50% dos valores mais elevados da temperatura média mensal, mínima e máxima, registados durante as duas últimas décadas, no Porto-Serra do Pilar, Boa Nova, S.Gens, Pedras Rubras

A ordem de grandeza dos valores de temperatura registados no final da década de 80, não se destaca apenas no quadro dos últimos vinte anos, ela é também extraordinária à escala da série centenária (Fig. 5).

TEMPERATURA MÍNIMA

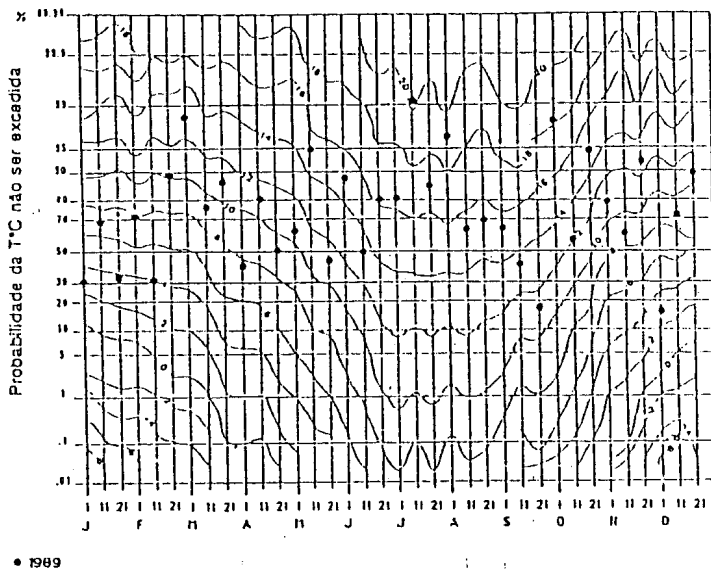


Fig. 5 - Comparação dos registos de temperatura mínima durante 1989 no Porto-Serra do Pilar com o Calendário de Probabilidades entre 1900-1990

Dada a complexidade e a diversidade das variáveis, teoricamente passíveis de sofrerem modificações originadas, unicamente pelo fenómeno da urbanização, parece possível afirmar que, neste caso particularmente podemos estar perante as consequências deste fenómeno na modificação do resultado final da equação do balanço energético (Fig. 5).

Assim, é pouco provável que este *aquecimento* seja um fenómeno acidental resultante de mais uma das muitas irregularidades que tipificam este parâmetro climatológico. A comparação das *Normais Climatológicas* de 1931-60, 1951-80 e 1960-89, o *Calendário de Probabilidades* de temperatura, nesta região, à escala do século e as médias móveis, de 4 em 4 anos, efectuadas para as temperaturas médias mensais mínimas e máximas revelaram que estes valores não foram nem casuais, nem aleatórios.

4. Referências bibliográficas

- ARAÚJO, M. A.F.P. 1991. *Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto*, FLUP, Porto, public.
- DAVLAU, S. 1991. *Geografia de Portugal I. Posição Geográfica e o território*, Edições João Sá da Costa, Lisboa.
- DUVIGNEAUD, P. 1974 *A síntese ecológica*, Sociocultur, Lisboa.
- HAKE, F.K. 1985. Climatic Variability and Change, in *Climate Impact Assessment*, John Wiley & Sons, New York.
- HOUGH, MICHAEL. 1989 *City form and natural process*, Routledge, London.
- JOHES, P.D., WIGLEY, T.M.L. 1991. Marine and land temperature data sets: a comparison and a look at recent trends, in *Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations*, SCHLESINGER, M.E.(ed.), Elsevier Science Publishing Company, New York.
- MacDONALD, G., SERTORIO, L. (ed) 1989. *Global Climate and Ecosystem Change*, NATO ASI Series, vol. 240, Plenum Press, New York.
- McBURNEY, STUART 1990. Ecology into economics, won't go or life is not a concept, Green Books, Cornwall.
- MILLIMAN, J.D. 1992. Sea-level response to climate change and tectonics in the Mediterranean sea, in *Climatic Change and the Mediterranean - environmental and societal impacts of climate change and sea-level rise in the Mediterranean region*, JEFFIC, L., MILLIMAN, J.D., SESTINI, G., (ed.), Edward Arnold, London.
- MONTEIRO, ANA 1993. *O clima urbano do Porto - contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território*, FLUP, Porto, public.
- MONTEIRO, C. 1976. *Teoria e clima urbano*, IGÉOG, Univ. de São Paulo.
- O'RIORDAN, T. 1983. *Environmentalism*, 2ª ed., Pion Limited, London.
- RIBEIRO, A., CABRAL, J. 1986. The neotectonic regime of the West Iberia continental margin: a transition from passive to active?, in *Malco*, vol.2, nº13, Soc.Geol. de Portugal, Lisboa.
- WIGLEY, T.M.L., HAPER, S.C.B. 1991. Internally generated natural variability of global-mean temperatures, in *Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations*, SCHLESINGER, M.E.(ed.), Elsevier Science Publishing Company, New York.