

2.º Congresso da Água

O Presente e o Futuro da Água em Portugal

COMUNICAÇÕES



LISBOA, 12 A 14 DE ABRIL DE 1994

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Volume 2

POTENCIAIS IMPACTES DO FENÓMENO DE URBANIZAÇÃO
PORTUENSE NO RITMO INTRA E INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO
(1970-89)

Ana MONTEIRO¹

A análise dos registos de precipitação nas estações climatológicas do Instituto de Meteorologia (I.M.) localizadas próximo da cidade do Porto sugerem algumas alterações substanciais no ritmo intra e interanual deste elemento climatológico.

As *nuances* perceptíveis através da leitura dos registos de precipitação entre 1970-89 podem relacionar-se com as modificações na composição química e na estrutura térmica da troposfera promovidas pela intensificação do fenómeno de urbanização.

Palavras-chave: intensificação da urbanização; degradação da qualidade do ar; sistema climático; precipitação (ritmo intra e interanual).

¹Licenciada em Geografia, Doutorada em Geografia Física, Professora Auxiliar no Curso de Geografia da F.L.U.P., Porto, Portugal.

1 - INTRODUÇÃO

Pareceu-nos útil tentar equacionar, mais do que procurar demonstrar exaustivamente, a consistência de algumas evidências de modificação no ritmo intra e interanual a que se tem distribuído a precipitação na região portuense, particularmente ao longo das duas últimas décadas.

A região portuense, à semelhança do que aconteceu no país, viu aumentar ao longo das duas últimas décadas as emissões de SO₂, de CO₂, de NO_x e os consumos de diversos tipos de energia - combustíveis líquidos e sólidos, energia hidroeléctrica, etc. (Fig.1a, b e c).

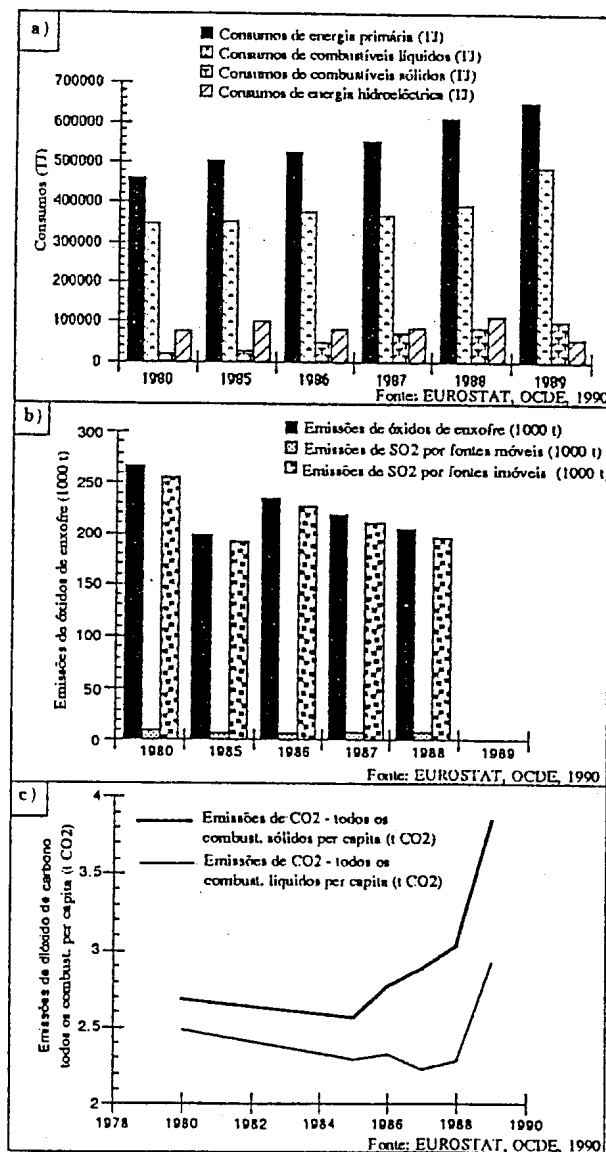


Fig. 1 - Consumo de energia e emissões de CO₂ e SO₂ em Portugal (OCDE, 1990).

Ainda que o SO₂ não tipifique, de todo, a degradação da qualidade do ar na nossa área de trabalho verificamos (MONTEIRO, 1993) que ocorreram, com alguma frequência, teores de acidez forte e fumos negros acima do valor-guia recomendado pela O.M.S.(Fig.2).

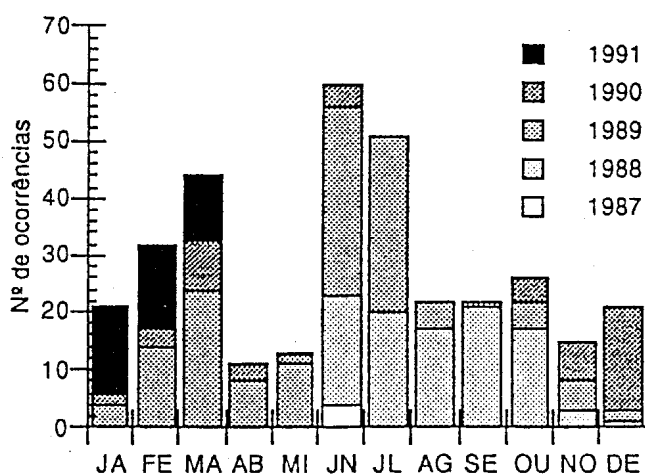


Fig. 2- Nº de dias em que a concentração de SO₂ ultrapassou 150 µg/m³ em pelo menos um dos postos da DGQA (1987-91).

É portanto de admitir que tanto a tipologia de organização do espaço, com cerca de 1/5 dos 4000ha ocupados por espaço construído, como o ritmo a que se desenrola quotidianamente o metabolismo urbano portuense, patenteado, por exemplo, pelas emissões libertadas pelos mais de 300 000 veículos que diariamente circulam dentro dos seus limites administrativos, contribuem necessariamente para modificar a composição química e a estrutura térmica da camada gasosa que a envolve. Assim sendo, é de supor que toda a conjuntura climatológica regional, nomeadamente, no que respeita à quantidade, intensidade e frequência da precipitação tenha vindo a ser gradual ou impulsivamente modificada.

2 - RITMO INTRA E INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO PORTUENSE (1970-89)²

A variabilidade deste elemento climático ao longo dos últimos 20 anos, na nossa área de estudo, foi sempre muito elevada em qualquer das estações climatológicas analisadas (Fig. 3). Maior, em termos relativos, entre Junho e Agosto do que nos restantes meses do ano.

Os maiores totais mensais de precipitação nestas estações climatológicas ocorreram todos no mês de Dezembro.

Em S.Gens e em Paços de Ferreira o maior total registado foi em 1981 (439 e 754 mm respectivamente), na Boa Nova foi em 1976 (526 mm), no Porto-Serra do Pilar e em Pedras Rubras foi em 1978 (627 e 594 mm respectivamente).

Apesar de ter sido, de facto, o mês que ao longo dos últimos 20 anos, totalizou os maiores totais de precipitação, Dezembro não foi o mês mais chuvoso do ano no período analisado nas 6 estações climatológicas disponíveis (Quadro I).

²Este texto foi parcialmente retirado de MONTEIRO, 1993.

Só em Pedras Rubras é que o mês de Dezembro foi maioritariamente o mês mais chuvoso, ainda assim, com apenas 30% das ocorrências.

O mês que, com mais frequência, foi o mais chuvoso do ano em todas as outras estações foi Janeiro com uma frequência relativa de 20 a 30% (Quadro I).

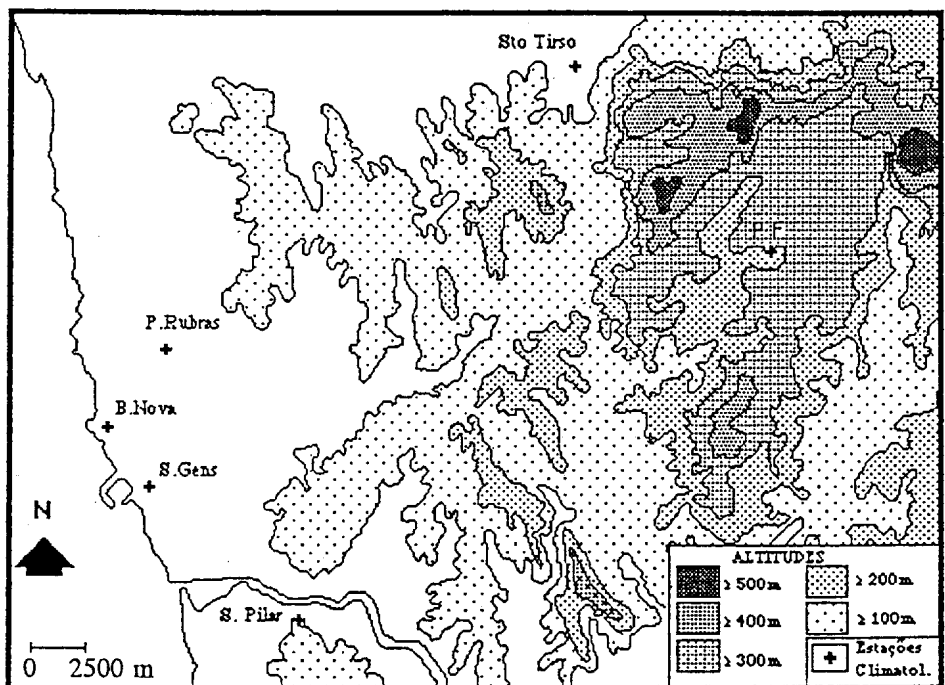


Fig. 3 - Localização das estações climatológicas do I.M. analisadas.

Não há portanto, neste elemento climático, como acontece, por exemplo, com a temperatura, mínima e máxima, picos ou mínimos circunscritos a uma época particular do ano.

Os picos de precipitação ocorreram frequentemente entre Novembro e Fevereiro, mas anos houve, em que ocorreram em Outubro ou em Março, ou ainda em Abril ou em Maio (Quadro I).

Quadro I - Número de ocorrências dos totais mensais máximos e mínimos anuais (1970-1989).

Máximos do ano		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S. Gens		5	4	1	1	1	0	0	0	0	2	3	3
Boa Nova		5	3	0	1	1	0	0	0	0	3	3	4
P. Rubras		4	3	1	1	1	0	0	0	0	1	3	6
S. Pilar		5	3	1	1	1	0	0	0	0	1	3	5
P. Ferreira		6	4	1	0	0	0	0	0	0	1	2	6
Sto Tirso		4	3	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2

Mínimos do ano		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S. Gens		0	0	0	0	2	2	10	9	3	2	1	0
Boa Nova		1	0	0	0	0	2	12	5	3	0	1	0
P. Rubras		0	0	1	0	2	1	8	8	3	0	1	0
S. Pilar		0	0	0	0	1	2	11	6	3	0	1	0
P. Ferreira		1	0	0	0	2	3	9	10	4	1	1	0
Sto Tirso		0	0	0	0	1	2	6	6	0	0	1	0

A ideia sustentada por DAVEAU (1977)³ de que Fevereiro corresponderia dentro da época das chuvas a "...uma curta estação seca durante o Inverno português..." não se confirma nas séries dos últimos 20 anos que analisamos.

Fevereiro só coincidiu com um 2º mínimo de precipitação dentro da estação mais chuvosa em 20 a 30 % dos anos estudados (Quadro II).

Quadro II - Anos em que o mês de Fevereiro registou um total mensal de precipitação menor do que Janeiro e do que Março (1970-1989).

Estações	Anos	
S.Gens	1971, 1976, 1980, 1984	4/20
B.Nova	1973, 1975, 1976, 1980, 1984	5/20
P.Rubras	1971, 1973, 1975, 1980, 1984	5/20
P.S.Pilar	1970, 1971, 1973, 1975, 1980, 1984	6/20
P.Ferreira	1971, 1973, 1975, 1976, 1978, 1980, 1984	7/20
S.Tirso	1971, 1973, 1975, 1976	4/12

Também não se confirmam nestes últimos anos, os resultados obtidos por VELHAS (1991)⁴, para as mesmas estações, relativamente a uma série muito mais longa (1950-86).

Fevereiro não foi, em nenhuma estação climatológica, o mês em que com maior frequência, se registaram os maiores totais mensais de precipitação (Quadro III).

Quadro III - Anos em que Fevereiro foi o mês mais chuvoso do ano (1970-1989).

Estações	Anos	
S.Gens	1972, 1977, 1979, 1986	4/20
B.Nova	1977, 1979, 1986	3/20
P.Rubras	1972, 1979, 1986	3/20
P.S.Pilar	1977, 1979, 1986	3/20
P.Ferreira	1972, 1977, 1979, 1986	4/20
S.Tirso	1972, 1977, 1979,	3/12

Entre 1970 e 1989 Fevereiro registou o máximo anual apenas em 3 ou 4 anos (1972, 1977, 1979 e 1986), ocupando na maioria das estações climatológicas o 3º lugar em termos de número de anos em que foi o mês mais chuvoso do ano, sempre a seguir a Janeiro e Dezembro.

Na Boa Nova, em Pedras Rubras e no Porto-Serra do Pilar o 3º lugar em termos da frequência de ocorrências é, inclusivamente, partilhado com o mês de Novembro.

Uma vez que o período que analisamos está em grande parte incluído no período mais alargado estudado por VELHAS (1991), os diferentes resultados alcançados podem indiciar o fraco contributo das duas últimas décadas nos 37 anos estudados.

O destaque com que o mês de Fevereiro surge no conjunto dos meses que mais frequentemente foram os mais pluviosos para o período 1950-86⁵ deveu-se provavelmente ao comportamento deste elemento climatológico nas décadas de 50 e 60, uma vez que nos

³DAVEAU, S., *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*, CEG, 1977, p.49.

⁴"...O mês de Fevereiro é aquele que mais frequentemente se constitui como o mês mais pluvioso...", E.VELHAS, p.24.

⁵O mês de Fevereiro foi em 10 vezes o mais pluvioso em Paços de Ferreira e em 7 vezes o mais pluvioso em Pedras Rubras no período 1950-86 (Fonte: E.VELHAS, 1991, p.25).

últimos 20 anos, Fevereiro foi o mês mais chuvoso 2 ou 3 vezes durante a década de 70⁶ e apenas uma vez na década de 80⁷.

3 - VARIABILIDADE INTRÍNSECA OU MANIFESTAÇÕES DE MUDANÇA?

Apesar da grande variabilidade que caracteriza o comportamento deste elemento climático mesmo na época do ano mais chuvosa, em que Fevereiro se inclui, o facto de nos 37 anos que analisou E.VELHAS ter encontrado 10 casos, dos quais constatamos agora, 6 ou 7 ocorreram nos primeiros 20 anos e só 3 ou 4 nos últimos 20 anos contribui para reforçar os argumentos em favor de uma presumível alteração do ritmo de distribuição anual da precipitação nesta região.

Esta ideia ganha ainda mais fundamento quando, ao compararmos os coeficientes de variação ao longo do ano no período 1950-86 com os do período 1970-89, verificamos que Fevereiro é um dos poucos meses em que a variabilidade relativa da série dos últimos anos é menor do que a do período 1950-86 em qualquer das estações climatológicas (Quadro IV).

Embora saibamos que este índice de variabilidade⁸ depende do tamanho da amostra e, portanto, não esperássemos coeficientes de variação exactamente iguais para os dois períodos, é interessante verificar que Fevereiro é o único mês em que a variabilidade relativa da série foi menor nos últimos 20 anos do que no período mais amplo de cerca de 40 anos em que estes 20 anos se incluem quase totalmente.

A menor variabilidade das últimas duas décadas relativamente à totalidade do período só volta a ocorrer em Março na estação de Pedras Rubras, em Abril nas estações de S.Gens, Pedras Rubras e Paços de Ferreira e em Maio na estação de S.Gens. No resto dos meses do ano, a variabilidade relativa dos totais mensais de precipitação no período 1970-89 foi sempre superior à variabilidade relativa no período 1950-86.

Quadro IV - Comparação dos coeficientes de variação da precipitação total mensal no período 1950-86 e 1970-89.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
C	1950-86	58	67	57	65	67	97	115	89	69	79	64	71
	1970-89	59	61	58	56	65	99	127	97	82	83	73	77
S	1950-86	60	64	59	64	60	94	124	93	77	75	61	72
	1970-89	65	58	57	61	61	95	120	106	93	82	76	83
P	1950-86	59	69	54	65	64	95	112	85	71	78	61	70
	1970-89	60	63	56	69	66	98	129	86	81	77	69	81
L	1950-86	68	74	62	68	66	102	110	86	73	78	70	79
	1970-89	68	69	63	65	66	152	108	100	90	82	77	89

Os valores do C.V.% de 1950-86 foram retirados de E.VELHAS, 1991, p.26

Os valores do C.V.% de 1970-89 foram retirados do Quadro XII deste trabalho

■ C.V. maior

Tal como acontece com os meses mais chuvosos do ano, os meses mais secos do ano também se distribuíram com maior ou menor frequência por quase todos os meses do ano (Quadro IV).

⁶Em 1972, 1977 e 1979.

⁷Em 1986.

⁸C.V. = (desvio padrão/média) x 100.

Julho e Agosto foram com mais frequência os mais secos do ano. Todavia, em alguns anos, o menor total mensal de precipitação ocorreu em Maio, Junho, Setembro, Outubro, Novembro e, até, Janeiro ou Março (Quadro I).

Em alguns anos Julho e Agosto, os meses que mais frequentemente foram os mais secos do ano, registaram totais mensais iguais, pelo que o somatório do número de casos é superior a 20 na maioria das estações (Quadro I)

Os únicos meses que, de facto, ao longo dos últimos 20 anos nunca foram os mais secos do ano foram Fevereiro, Abril, e Dezembro (Quadro I).

Se em lugar de oservarmos o mês mais seco do ano, que em alguns anos pode ter sido um mês em que ainda choveu ± 20 mm, extrairmos da nossa amostra todos os meses em que a precipitação foi ≤ 0.5 mm, constatamos que apesar de toda a região estar incluída na área de influência directa das massas de ar húmidas provenientes do oceano, a inexistência de qualquer meteoro aquoso durante alguns meses do ano não foi tão rara como seria de esperar (Quadro V).

Quadro V - Meses em que o total de precipitação foi ≤ 0.5 mm (1970-89)

Estações	Anos	
S.Gens	Junho (1976), Julho (1978), Agosto (1973, 1976, 1978) Setembro (1985) Novembro (1981)	7/20
B.Nova	Julho (1978, 1989), Agosto (1978), Novembro (1981)	4/20
P.Rubras	Agosto (1978), Setembro (1985), Novembro (1981)	3/20
P.S.Pilar	Julho (1978, 1981), Novembro (1981)	2/20
P.Ferreira	Maio (1976), Julho (1978), Agosto (1974, 1975, 1978), Setembro (1989), Novembro (1981)	7/20
S.Tirso	Julho (1978, 1981), Agosto (1975, 1978), Novembro (1981)	5/12

Os casos em que o total de precipitação mensal foi ≤ 0.5 mm, não se circunscreveram aos meses de Julho e Agosto, época em que se centra nitidamente nesta região a secura estival (Quadro V).

S.Gens e Paços de Ferreira foram as estações que registaram uma maior frequência de meses literalmente secos (Quadro V). A estação de Porto-Serra do Pilar foi pelo contrário, a que teve menor número de meses sem qualquer precipitação.

Estes casos ocorreram, normalmente em simultâneo, em mais do que uma estação da região.

1981 foi o único ano na série estudada em que não ocorreu qualquer precipitação num mês tipicamente pluvioso como é Novembro. A este Novembro extraordinariamente seco, seguiu-se no entanto um mês de Dezembro particularmente chuvoso, com mais de 400 mm, em todas as estações climatológicas da região.

O ano de 1981 foi aliás, um ano extraordinário de seca em todo o território continental português. A região do Porto apesar de não ser uma das mais afectadas registou apenas 70-80% do total médio anual⁹ (Quadro VI).

⁹FEIO, MARIANO, HENRIQUES, VIRGÍNIA, As secas de 1980-81 e de 1982-83 e as principais secas anteriores - intensidade e distribuição regional, CEG, nº10, Lisboa, 1986, p.94.

Embora os critérios para definição da gravidade das secas sejam diversos e sempre muito discutíveis¹⁰, procuramos prolongar o diagnóstico elaborado por M.FEIO (1986) para os anos de 1980-81 e 1982-83 até ao ano de 1989 (Quadro VI).

Quadro VI - Intensidades das secas de acordo com a metodologia utilizada por M. Feio, V. Henriques, 1986.

Ano (Set/ago)	1983/84	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89
Estação						
S. Pilar	110%	119%	99%	89%	121%	59%
P. Rubras	88%	112%	91%	88%	115%	50%
S. Gens	103%	128%	104%	104%	135%	63%
Paços de Ferreira	91%	116%	94%	74%	115%	51%

Intensidade das secas - $(\frac{\text{Chuvas do ano considerado}}{\text{Chuvas médias}} \%)$

A aplicação desta metodologia permite-nos constatar que o ano de 1988-89 foi um ano de grande secura. Choveu, nesta região apenas 50 a 60% do normal. Valores que se aproximam dos registados nesta região durante as maiores secas anteriores, em 1944-45 e em 1948-49¹¹. Durante a seca de 1980-81, por exemplo, os valores de precipitação nesta região rondaram os 70-80%.

Recorde-se que 1988-89 foi antecedido por um ano em que se assistiu a uma situação catastrófica grave a nível nacional, originada pelas precipitações extraordinariamente intensas registadas durante Junho e Julho de 1988¹².

O desacelerar dos processos de entropia não é conseguido, no seio do Sistema Climático, por sucessivas soluções de causa-efeito. Os processos de resolução no Sistema Climático vão-se sucedendo por *impulsos*. O sistema não reage imediatamente a cada *intrusão*. As respostas surgem tardiamente e resultam da acumulação de um conjunto de causas diversas, o que dificulta a avaliação da representatividade de cada acção nas *respostas* finais.

Se associarmos esta enorme diferença nos totais anuais de precipitação de 1987-88 e 1988-89 que originaram catástrofes de idêntica gravidade, mas de sinal oposto parece que nos podemos questionar se não estaremos perante uma tentativa de *resposta impulsiva* do Sistema Climático à escala regional.

Embora neste final dos anos 80 tudo pareça apontar para importantes *manifestações de mudança* ao nível da conjuntura climática regional, a grande irregularidade deste elemento

¹⁰O autor define a intensidade da seca através da relação entre a precipitação do ano considerado e a precipitação média em cada estação. A precipitação média anual encontrada depende do período de funcionamento de cada posto.

Por exemplo, no nosso caso, a média de Paços de Ferreira reporta-se a 45 anos, a de Santo Tirso a 52 anos, a de S. Gens a 46 anos, a de Pedras Rubras a 33 anos e a de Porto-Serra do Pilar a 87 anos.

O facto dos resultados serem expressos em percentagem, torna possível comparar postos com totais médios muito diversos.

¹¹Segundo os cálculos de Mariano Feio, 1986:

Na seca de 1944-45 S. Gens teve 57%, Porto-Serra do Pilar 58%, Paços de Ferreira 65%. Na seca de 1948-49 S. Gens teve 51%, Porto-Serra do Pilar 55%, Paços de Ferreira 51%. Na seca de 1975-76 S. Gens teve 57%, Porto-Serra do Pilar 65%, Paços de Ferreira 50%. Na seca de 1980-81 S. Gens teve 63%, Porto-Serra do Pilar 75%, Paços de Ferreira 63%. Na seca de 1982-83 S. Gens teve 113%, Porto-Serra do Pilar 110%, Paços de Ferreira 113%.

¹²GANHO, N., MONTEIRO, A., "Nota sobre a anomalia climática de 1 de Junho a 10 de Julho de 1988 em Portugal Continental", *Biblos*, vol. LXV, Coimbra, 1989, p. 166-188.

climático não nos permite, no entanto, visualizar facilmente qualquer *tendência* ao longo destes últimos 20 anos.

A análise conjunta dos resultados da regressão linear (Fig.4) e das médias móveis de 5 anos (Fig.5), para todas as séries mensais de precipitação mostrou, no entanto, que o mês de Abril tem vindo a ter sucessivamente totais mensais mais elevados e que o mês de Novembro depois do mínimo já referido no ano de 1981 passou a registar quantitativos de precipitação superiores aos que registara na década de 70.

A tendência sugerida pela inclinação da recta que melhor se ajusta aos registos de precipitação do mês de Abril durante os últimos 20 anos, tanto em Pedras Rubras como em S.Gens, não nos permite ir mais além do que esta simples constatação, uma vez que o grau de significância da correlação ainda é baixo ($p=0.01$).

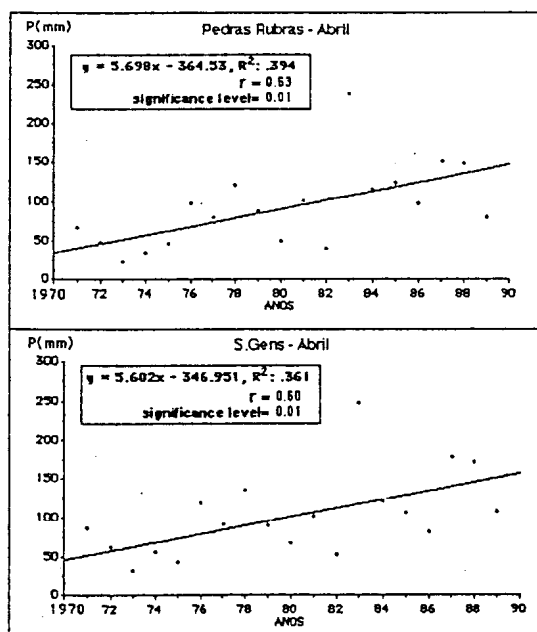


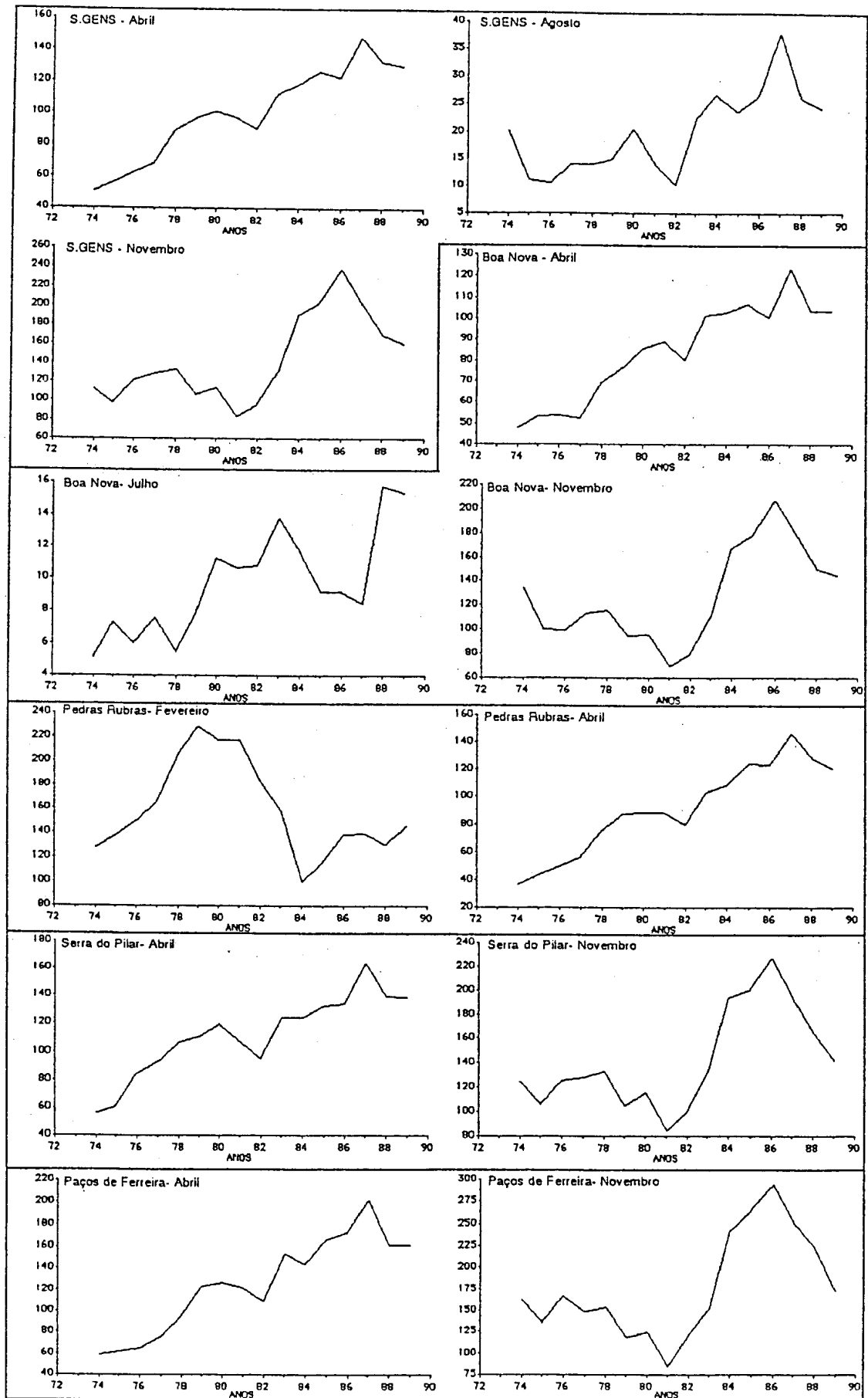
Fig.4 - Rectas de regressão para os totais mensais de precipitação em Abril em Pedras Rubras e S.Gens, 1970-89.

Se, no entanto, em vez deste processo procurarmos a existência de alguma *ordem* no ritmo a que se sucederam os totais mensais de precipitação nos últimos anos, recorrendo à análise das médias móveis de 5 anos, encontramos alguns exemplos sugestivos (Fig.5).

É notória a semelhança entre os diagramas lineares das médias móveis da precipitação de Abril de Porto-Serra do Pilar, Boa Nova, Pedras Rubras e Paços de Ferreira. Em qualquer deles evidencia-se um ritmo ascendente com grande regularidade. Abril, parece portanto, estar a tornar-se cada vez mais num mês de *águas mil*.

Outro mês que tem vindo a registar maiores totais mensais de precipitação é Novembro. Existe uma clara diferença entre os totais de precipitação registados durante a década de 70 e os que ocorreram na década de 80. Diferença comum às estações de S.Gens, Boa Nova, Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira (Fig.5).

Apesar de Abril e Novembro terem registado muito mais precipitação na década de 80 do que na de 70, o ritmo a que se foi observando este aumento foi distinto. Enquanto em Abril o aumento tem sido gradual, em Novembro houve uma abrupta mudança a partir do mínimo registado em 1981.



A foram reproduzidas aqui apenas as que melhor evidenciavam um comportamento tendencial nido.

Fig.5 - Médias móveis de 5 anos dos totais mensais de precipitação (1970-89).

Embora com muito menor expressividade visual, pela maior irregularidade apresentada, seleccionamos os registos de precipitação de Julho (Boa Nova) e de Agosto (S.Gens) que nos parecem ter vindo a sofrer um aumento consideravelmente significativo¹³ ao longo das 2 décadas analisadas.

A tendência nesta região parece portanto, apontar para um aumento do número das situações extremas, à semelhança do que sucede com a temperatura. Houve nos últimos anos, por um lado, um aumento da precipitação nos meses em que ela normalmente já ocorria com maior frequência e intensidade e, por outro, uma diminuição nos meses mais secos do ano.

Embora necessitemos de um maior distanciamento temporal para tecer com alguma consistência quaisquer considerações em torno das relações de causalidade Urbanização-Clima, acreditamos que é uma linha de investigação que não deve deixar de ser trilhada.

4 - BIBLIOGRAFIA

DAVEAU, S.- *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*, CEG, 1977.

FEIO, M., HENRIQUES, V.- *As secas de 1980-81 e de 1982-83 e as principais secas anteriores - intensidade e distribuição regional*, CEG, nº10, Lisboa, 1986.

GANHO, N., MONTEIRO, A.- "Nota sobre a anomalia climática de 1 de Junho a 10 de Julho de 1988 em Portugal Continental", *Biblos*, vol.LXV, Coimbra, 1989, p.166-188.

MONTEIRO, A.- *O Clima Urbano do Porto - contribuição para a definição de estratégias de planeamento e ordenamento do território*, Tese de Doutoramento, FLUP, Porto, 1993, polic.

VELHAS, E.- *A bacia hidrográfica do Leça - estudo hidroclimático*, FLUP, Porto, 1991, polic.

¹³Apesar do aumento dos totais de precipitação nestes dois meses, ser obviamente, em valor absoluto, muito baixo, o facto de se efectuar numa época do ano em que os totais de precipitação são fracos, pode traduzir uma importância relativa muito maior.