

CONTRIBUTO DA CLIMATOLOGIA PARA A RECUPERAÇÃO DA RIBEIRA DA PARDIELA

M. Potes⁽¹⁾, V. Amante⁽²⁾, R. Salgado^(1,3), S. Cunha⁽⁴⁾, V. Pires⁽⁴⁾, A. Pedro⁽⁵⁾, M. Morais⁽⁵⁾

mpotes@uevora.pt, verita_2412@hotmail.com, rsal@uevora.pt, sofia.cunha@meteo.pt,
vanda.cabrinha@meteo.pt, anapedro@uevora.pt, mmorais@uevora.pt

⁽¹⁾ Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora, Portugal

⁽²⁾ Universidade de Évora, Portugal

⁽³⁾ Departamento de Física, Universidade de Évora, Portugal

⁽⁴⁾ Instituto de Meteorologia, Lisboa, Portugal

⁽⁵⁾ Laboratório da Água (ICAAM), Universidade de Évora, Portugal

Introdução

Todos os afluentes do rio Guadiana em território português são rios temporários de características sazonais que apresentam caudal superficial apenas durante os meses com precipitação. Este tipo de sistemas ocorre naturalmente em regiões de clima Mediterrânico e de clima semi-árido, estando também presentes noutras regiões da Europa, normalmente associadas à geologia de características calcárias extremamente permeável. Para preservar e reabilitar estes sistemas é necessário uma abordagem multidisciplinar que permita conhecer o seu funcionamento assim como a evolução das suas características ao longo do tempo.

Com este objectivo está em curso o projecto "Estratégias de Conservação e Reabilitação de rios Temporários: caso estudo da bacia do rio Pardiela, sul de Portugal bacia do Guadiana" que envolve investigadores de diferentes áreas científicas, nomeadamente da biologia, da hidrologia, geologia, da meteorologia, da sociologia e da história da paisagem. A metodologia do projecto assenta no estudo das interacções entre o clima, a hidrologia, os processos ecológicos e a biodiversidade de uma bacia temporária piloto, a bacia do rio Pardiela. Nesse sentido está a ser recolhida e trabalhada informação climática, hidrológica, morfológica e das actividades e pressões humanas, respeitante aos últimos 70/50 anos. Foi igualmente montada uma experiência observacional que está a permitir recolher dados actuais de variáveis climáticas, hidrológicas, ecológicas e de qualidade da água que irá permitir caracterizar o estado actual da bacia e estudar os complexos mecanismos de interacção entre os fenómenos relevantes na dinâmica deste sistema aquático.

Tarefas e área de estudo

Para a caracterização climática da região (Fig. 1) foi estudado o período de referência 1961-1990 utilizando estações meteorológicas da rede do Instituto de Meteorologia (IM) e métodos de Kriging para a realização de mapas (1x1km). Foram

analisadas tendências climáticas nos últimos 50/70 anos, para estações e postos udométricos próximos à ribeira da Pardiela (Fig. 1), utilizando o teste estatístico de Mann-Kendall. Complementarmente, com o objectivo de caracterizar o clima nas proximidades do troço do rio onde decorrem trabalhos experimentais, foi montada uma estação meteorológica pelo Centro de Geofísica de Évora.

A Figura 1 ilustra a orografia da área de estudo. Está localizada a ribeira da Pardiela, as estações climatológicas de Évora e Beja (IM), a estação meteorológica da Pardiela (Centro de Geofísica de Évora - CGE) e os postos udométricos da Azaruja e Santa Susana do Instituto da Água (INAG).

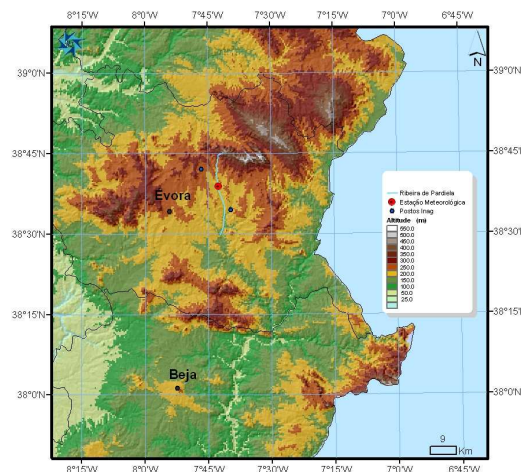


Fig. 1 – Orografia da área de estudo. Localização da ribeira da Pardiela, das estações climatológicas de Évora e Beja (IM), da estação meteorológica da Pardiela (CGE) e dos postos udométricos da Azaruja e Santa Susana (INAG).

Clima no período 1961-1990

Para descrever o clima no período 1961-1990 foram realizados mapas de alta resolução (1x1km) resultantes de uma rede de estações do Instituto de Meteorologia (IM), utilizando interpolação através de métodos de Kriging (Krige, 1951) com regressão

de resíduos tendo em conta a altitude e a distância ao litoral (sempre que as variáveis geográficas tivessem bons coeficientes de correlação entre o parâmetro seleccionado). Os valores foram posteriormente extraídos das grelhas, tendo em conta a região em estudo (Fig. 1). A temperatura média mensal varia regularmente durante o ano, atingindo valores máximo no Verão e mínimos no Inverno. A Figura 2 ilustra os valores médios da temperatura máxima do ar no Verão (Junho, Julho e Agosto), para o período 1961-1990, na região em estudo. Os valores variam entre 27°C a Oeste de Évora e 32°C junto ao Rio Guadiana.

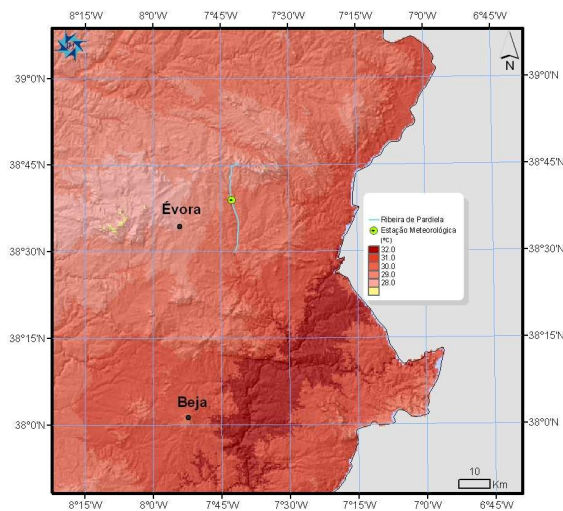


Fig. 2 – Valores médios da temperatura máxima do ar no Verão (Junho, Julho, Agosto). Período de 1961-1990.

A média anual da precipitação em Portugal Continental é cerca de 900 mm, com grande variação espacial (Santos e Miranda, 2005). A região em estudo é uma das zonas do País que apresenta em média os valores mais baixos de precipitação anual, em particular a zona do interior Sul.

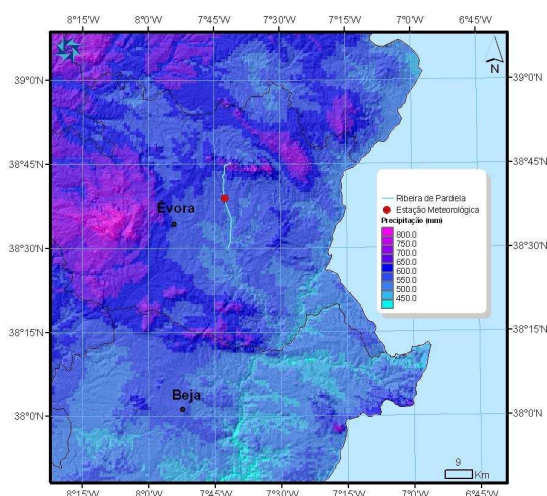


Fig. 3 – Média anual da precipitação acumulada. Período de 1961-1990.

A Figura 3 ilustra a média anual da precipitação acumulada, para o período 1961-1990, na região em estudo. Os valores mais elevados situam-se a Oeste de Évora e nas regiões com maior relevo, na ordem dos 800 mm, e os mais baixos junto ao vale do Guadiana com valores perto dos 400 mm.

A evapotranspiração potencial (ETP) é um elemento meteorológico normal, padrão, representando a precipitação necessária para atender à necessidade de água da cobertura vegetal. É calculada através do método de Penman (1948), recomendado por organizações internacionais como a FAO (Food and Agriculture Organization). A Figura 4 ilustra a média anual da evapotranspiração potencial, para o período de 1961-1990, na região em estudo. A evapotranspiração potencial é máxima em todo o interior Alentejano, incluindo Évora e Beja, com valores de 1150 mm, diminuindo em direcção à costa.

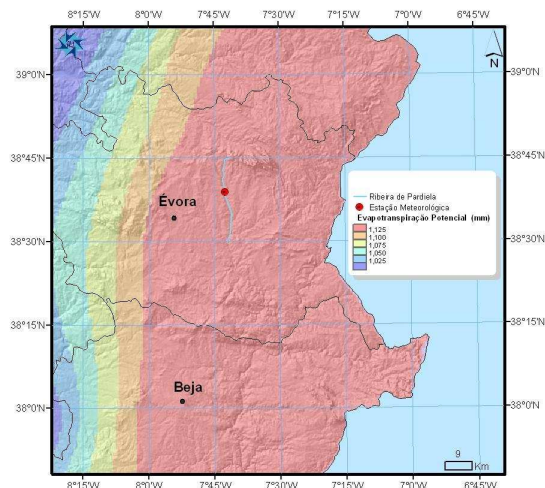


Fig. 4 – Média anual da evapotranspiração potencial. Período de 1961-1990.

Tendências Climáticas nos últimos 50/70 anos

As tendências climáticas observadas em Portugal Continental têm de ser avaliadas no contexto das alterações climáticas globais. A existência de uma tendência de aquecimento global foi um facto estabelecido na última década do século XX onde foram observados um número significativo de anos mais quentes.

Os parâmetros analisados provêm de três estações que se situam junto à bacia da ribeira de Pardiela (Fig. 1). Para verificar a existência de tendências significativas foi utilizado o teste estatístico de Mann-Kendall, proposto inicialmente por Sneyers (1975).

A variabilidade da média anual da temperatura média do ar em Évora (a preto), no período 1941-2006, é mostrada na Figura 5, assim como a representação das séries progressiva (a azul) e

regressiva (a vermelho) do teste estatístico de Mann-Kendall. É visível que desde 1986 houve apenas um ano em que a temperatura foi inferior à média 61-90 (a tracejado). Através da série progressiva (azul) verifica-se que a temperatura começou a subir em 1977, altura em que a série começa a crescer. O ponto de intersecção entre as duas séries, que indica o início da tendência, ocorreu em 2002, contudo a série progressiva só excede o valor de 1,96 (limite de significância a 5%) em 2003, indicando que a tendência é significativa estatisticamente desde 2003.

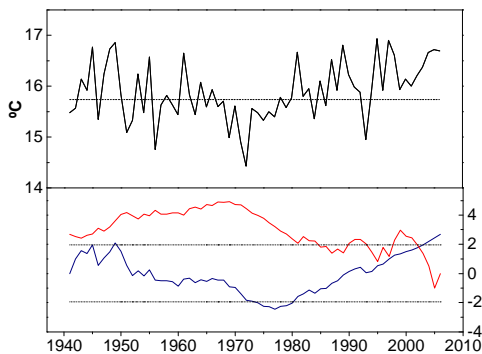


Fig. 5 – Variabilidade da média anual da temperatura média do ar em Évora (preto), a tracejado o valor médio no período 61-90. Em baixo representação das séries progressiva (azul) e regressiva (vermelho) do teste estatístico de Mann-Kendall.

A Figura 6 exemplifica a variabilidade anual da precipitação acumulada para o posto udométrico de Azaruja, no período 1932-2007, assim como a representação das séries progressiva e regressiva do teste estatístico de Mann-Kendall. É visível que a partir da década de 70 há predominância de anos com precipitação acumulada inferior à média 61-90 (a tracejado). Através das séries progressiva e regressiva verifica-se que a precipitação começou a diminuir em 1973. O ponto de intersecção entre as duas séries ocorreu em 1978 indicando o início da tendência, a série progressiva (azul) passa o limite de significância em 1994 mas no ano seguinte retrocede, voltando depois a passar o limite outra vez em 2005. Este comportamento leva a concluir que a tendência de diminuição de precipitação não é significativa estatisticamente.

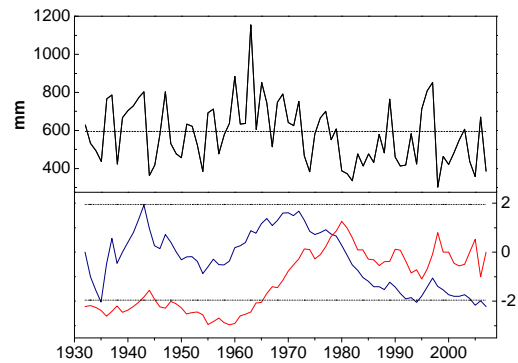


Fig. 6 – Variabilidade anual da precipitação acumulada em Azaruja, a tracejado o valor médio no período 61-90. Em baixo representação das séries progressiva (azul) e regressiva (vermelho) do teste de Mann-Kendall.

A Figura 7 exemplifica a variabilidade sazonal da precipitação acumulada em Azaruja, no período 1932-2007. É visível que para os meses de Inverno (DJF) e Primavera (MAM) existe uma aparente diminuição de precipitação, sendo que nas restantes estações do ano não existe tendência aparente.

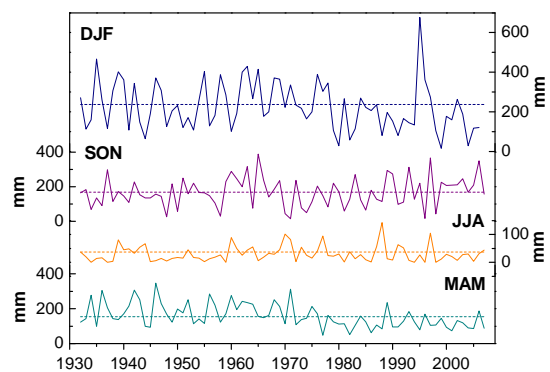


Fig. 7 – Variabilidade sazonal da precipitação acumulada em Azaruja. A tracejado os valores médios no período 61-90.

Das duas estações acima referidas apenas para a Primavera existe tendência significativa estatisticamente de diminuição de precipitação, como se mostra na Figura 8 através da análise das séries progressiva e regressiva. Segundo a série progressiva (azul) a precipitação começou a diminuir em 1972, a intersecção das séries ocorreu em 1979 indicando o início da tendência, tornando-se significativa estatisticamente em 1986 quando a série progressiva ultrapassa o limite de significância a 5%.

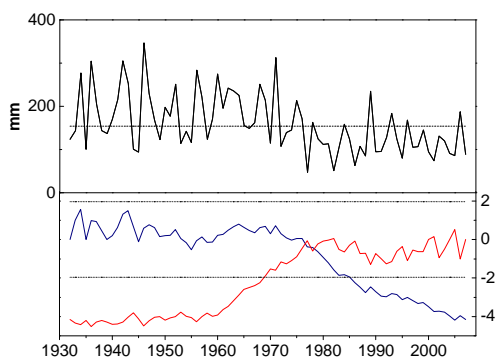


Fig. 8 – Variabilidade da precipitação acumulada para os meses de Primavera (MAM), em Azaruja. A tracejado os valores médios no período 61-90. Em baixo representação das séries progressiva (azul) e regressiva (vermelho) do teste de Mann-Kendall.

Situações de Seca

As situações de seca constituem uma ocorrência natural associada essencialmente à falta de precipitação, que se verifica todos os anos em diversas regiões do mundo. A seca é o desastre natural de origem meteorológica e climatológica mais complexo e que afecta mais pessoas e durante mais tempo que qualquer outro (Pires, 2003). Para caracterizar a evolução histórica das situações de seca em Évora, utilizou-se o índice meteorológico PDSI – Palmer Drought Severity Index (Palmer, 1965). Este índice meteorológico PDSI detecta períodos de seca e classifica-os em termos da sua intensidade. O acompanhamento mensal deste índice (ou em escalas temporais mais curtas) dá uma boa indicação da evolução inicial da seca, assim como, a avaliação da sua intensidade e duração.

Nº Meses	Anos de Seca	Intensidade	Nº Meses consecutivos em Seca severa ou extrema
33	1979 - 1982	Fraca a extrema	3
29	1943 - 1946	Fraca a extrema	8
23	1953 - 1954	Fraca a severa	1
20	1994 - 1995	Fraca a extrema	6
19	1904 -1905	Fraca a severa	2
18	1991 - 1992	Fraca a extrema	7
17	1964 - 1965	Fraca a extrema	4
17	2003 - 2004	Fraca a severa	2
16	1917 -1918	Fraca a extrema	3
16	1924 - 1925	Fraca a severa	1
16	2004 - 2006	Fraca a extrema	9

Tabela 1 – Onze situações de seca mais longas para a série de Évora no período 1901-2006.

Na Tabela 1 são apresentadas as onze situações de seca mais longas (das vinte cinco detectadas no período 1901-2006) para a série de Évora. É indicado a

duração de situações de seca (número de meses) e correspondentes anos de início e fim, intensidade e número de meses consecutivos nas classificações mais graves: severa e extrema.

Alguns episódios de seca destacam-se, não só pela sua duração, mas também pelo número de meses consecutivos em situação de seca severa e extrema. Em termos de duração é de realçar o período 1979 – 1982 onde se registaram 33 meses de seca. Em termos de intensidade (n.º de meses consecutivos em seca severa ou extrema) é de realçar o período Janeiro a Setembro de 2005 onde se registaram 9 meses consecutivos em seca severa ou extrema.

Campanha de observações

A Figura 9 ilustra a estação meteorológica instalada no vale da bacia da ribeira da Pardiela junto às localidades de São Miguel de Machede e Foros do Queimado (38,65 °N, 7,71 °O, 222 metros de altitude). É neste local (troço experimental) que são realizadas observações/medições *in situ* por outras equipas do projecto acima mencionado. Entrou em funcionamento no dia 15 de Fevereiro de 2008 e desde então regista dados de temperatura e humidade relativa do ar, intensidade e direcção do vento, radiação solar global e precipitação.



Fig. 9 – Estação meteorológica da ribeira da Pardiela (Outubro 2008).

O facto da estação estar instalada no vale da ribeira da Pardiela vai ter influência em alguns parâmetros meteorológicos, em especial na temperatura. A Figura 10 mostra a comparação sazonal entre os dados obtidos pela estação durante o ano de 2008 e os respectivos valores para o período de referência 61-90 resultado de interpolação da rede de estações do IM (resolução de 1x1km). Foi comparada a temperatura média (laranja), máxima (vermelho) e mínima (verde) do ar e a precipitação acumulada (azul). É visível que as temperaturas média e mínima foram inferiores em todas as estações do ano, com maior destaque para o Outono onde a diferença na temperatura mínima é de -5.1°C.

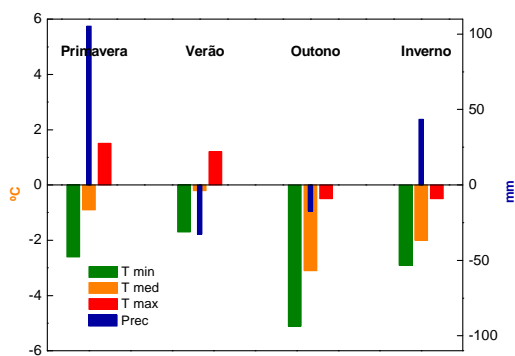


Fig. 10 – Comparação sazonal da média das temperaturas média, mínima e máxima diárias entre o ano de 2008 e a normal 61-90 (resultado de interpolação) para a estação da Pardiela.

Com o objectivo de explicar o facto de a média sazonal da temperatura mínima diária do ar na estação da Pardiela ser inferior à da normal climatológica, os dados foram confrontados com os de outras estações da rede de estações do Centro de Geofísica de Évora instaladas na região. Verificou-se que a temperatura mínima diária registada na estação da Pardiela era frequentemente inferior à observada nas outras estações, chegando a registar diferenças de -8°C para estações rurais e -13°C para urbanas. A Figura 11 mostra a relação entre a diferença de temperatura, no período da madrugada (1h às 7h), nas estações da Pardiela e da Mitra (rural) e a velocidade do vento na Pardiela.

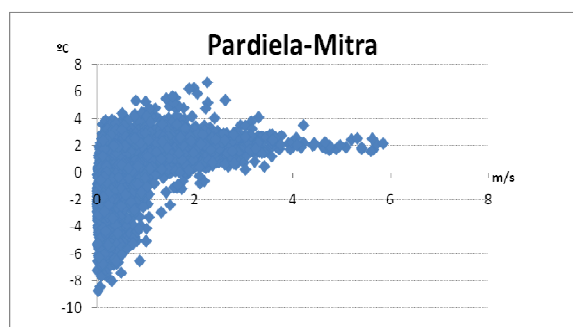


Fig. 11 – Relação entre a diferença de temperatura, no período da madrugada, na estação da Pardiela e da Mitra e a intensidade do vento na estação da Pardiela para o período Julho 2008 a Novembro 2009.

É visível do gráfico que para baixas intensidades de vento ($<1 \text{ ms}^{-1}$) registam-se preferencialmente diferenças negativas, ou seja, temperatura do ar na Pardiela inferior à da Mitra, e à medida que a velocidade do vento aumenta a diferença tende a ser ligeiramente positiva. Ou seja, as baixas temperaturas diárias registadas na estação da Pardiela ocorrem em madrugadas caracterizadas por uma fraca intensidade do vento no vale, com a formação de uma camada limite local estável e mais

fria. Tal efeito não se verifica quando a intensidade do vento é superior a 1 ms^{-1} devido à mistura vertical do ar que inibe a formação da camada limite interna sobre o vale. A Figura 12 exemplifica a mesma relação da Figura 11 mas utilizando a estação do Verney (urbana). Os resultados são idênticos para as duas estações sendo de realçar a maior diferença de temperatura para a estação urbana (Verney) resultado da ilha de calor urbano provocada pela cidade de Évora.

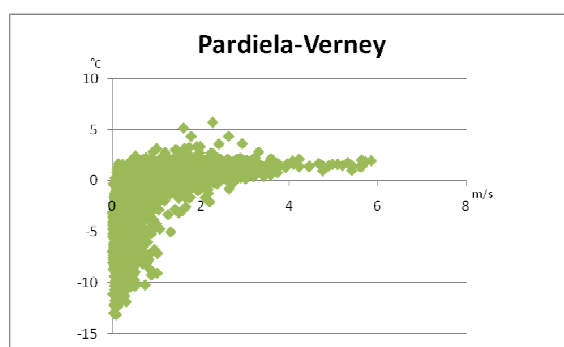


Fig. 12 – Relação entre a diferença de temperatura, no período da madrugada, na estação da Pardiela e do Verney e a intensidade do vento na estação da Pardiela para o período Julho 2008 a Novembro 2009.

Este efeito não é visível nas temperaturas máximas, que ocorrem no período em que a camada limite se encontra pouco estável ou mesmo instável, com a consequente mistura vertical que inibe a formação de uma camada limite interna sobre o vale.

Conclusões

O estudo da climatologia 1961-1990 para a região em estudo confirma que esta é um exemplo de clima Mediterrânico, prevalecente no Sul de Portugal Continental, assim como em outras regiões do Sul da Europa. São regiões de clima temperado com Verão seco, quente e longo (clima Csa, na classificação de Köppen, ver Peixoto, 1987) e com grande vulnerabilidade à ocorrência de secas e desertificação. No interior Alentejano os valores médios da temperatura máxima do ar no Verão atingem os 32°C e a média anual da precipitação acumulada é em alguns locais de apenas de 400 mm. A média anual de evapotranspiração potencial (ETP) é da ordem de 1150 mm o que indica que existe um deficit hídrico no solo. Este deficit é muito acentuado na bacia do Guadiana onde a precipitação é muito reduzida e a ETP muito elevada, em especial nos meses de Verão.

Foram analisados os últimos 50/70 anos e através do teste estatístico de Mann-Kendall verificou-se um aumento significativo da temperatura média do ar desde 2003, para a estação climatológica de Évora. No posto udométrico de Azaruja foi detectada uma diminuição significativa da precipitação nos meses de Primavera (MAM) desde 1986 até 2007. Embora

esta tendência seja bastante significativa não se reflecte na precipitação anual acumulada, onde não foi detectada tendência significativa.

Foram também analisadas as situações de seca para a estação climatológica de Évora através do índice meteorológico de PDSI (Palmer, 1965). Verificou-se que no presente século houve já duas situações longas de seca, sendo de realçar os 9 meses consecutivos nas classificações mais graves (severa e extrema) ocorridos no período Janeiro a Setembro de 2005.

A instalação da estação meteorológica no vale da ribeira permitiu caracterizar melhor o microclima da bacia e o seu regime hídrico e funciona como um complemento ao estudo da climatologia e tendências climáticas da região. O facto da estação estar instalada no vale da ribeira da Pardiela vai ter influência em alguns parâmetros meteorológicos, em especial na temperatura. A média sazonal da temperatura mínima foi sempre inferior na estação da Pardiela (2008 e 2009) em relação à normal 61-90 (resultado de interpolação para o local), chegando a atingir uma diferença de -5.1°C no Outono de 2008. Com o objectivo de explicar as baixas temperaturas registadas na estação da Pardiela procedeu-se à comparação com outras estações da região. Verificou-se que a temperatura mínima diária registada na estação da Pardiela era frequentemente inferior à observada nas outras estações, chegando a registar diferenças de -8°C para estações rurais e -13°C para urbanas. Estas diferenças muito acentuadas na temperatura ocorrem em situações de baixa intensidade do vento ($<1\text{ ms}^{-1}$) favoráveis à formação de uma camada limite estável e fria no vale da ribeira.

Referências

Krige, D.G., 1951. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. J. of the Chem., Metal. and Mining Soc. of South Africa, 52, 119–139.

Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought. Research Paper, 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., 58 pp.

Peixoto, J. P., 1987. O Sistema climático e as bases físicas do Clima, SEARN-MPAT, 187 pp.

Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bear soil and grass. Proc. R. Soc. Lond., Ser. A, 193,120-145.

Pires, V., 2003. Frequência e intensidade de Fenómenos meteorológicos extremos associados a precipitação. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Ciências e Engenharia da Terra, Lisboa, 96 pp.

Santos, F.D., e P. Miranda, 2005. Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação (SIAM II). Projecto SIAM, Lisboa, 506 pp.

Sneyers, R.,1975. Sur L'Analyse Statistique Des Séries D'Observations. OMM, nº 415. 1-14.