



DIRECÇÃO DOS SERVIÇOS DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DE FENÓMENOS EXTREMOS PRECIPITAÇÕES INTENSAS EM PORTUGAL CONTINENTAL



ELABORADO POR:

Cláudia Brandão

Rui Rodrigues

Joaquim Pinto da Costa

Lisboa, Dezembro de 2001

RESUMO

A caracterização da precipitação constitui um importante elemento de apoio para projectistas de obras hidráulicas, técnicos do planeamento e gestão de recursos hídricos, Agentes de Protecção Civil e público em geral. Este conhecimento é uma mais valia importante no apoio à decisão, face a situações de cheias, secas, erosão hídrica e outras opções de gestão, que fica agora mais sustentada.

Foi também com o objectivo de fornecer aos vários utilizadores da informação udográfica processada (da quantificação hidrológica à avaliação de recursos hídricos) expressões de cálculo de precipitações intensas, com diferentes durações, bem como a sua distribuição espaço-temporal em diversos ambientes geográficos e geomorfológicos de Portugal Continental, que o Instituto da Água elaborou o presente estudo de caracterização.

A caracterização do fenómeno das precipitações intensas que aqui se descreve foi a mais exaustiva já alguma vez realizada em Portugal, uma vez que englobou a determinação das seguintes componentes: curvas PMP (Precipitações Máximas Prováveis em função da duração), curvas IDF (Intensidade-Duração-Frequência), relações de proporcionalidade entre precipitações acumuladas em diferentes intervalos de tempo, curvas PAD (Precipitação-Área-Duração) e, por fim, hietogramas de projecto. Com base nas relações obtidas para as diferentes regiões, elaboraram-se mapas de isolinhas.

Esta caracterização, por outro lado, foi também a mais exaustiva em termos de número de anos integralmente digitalizados tendo sido obtido um "station-year equivalent" de 82,5 anos para uma extensão superficial de 92400 km².

A análise efectuada após processamento dos dados udográficos evidencia oito aspectos:

- A existência de diferenças substanciais na distribuição espacial da precipitação para iguais durações de chuvada numa área tão reduzida à escala continental (compare-se, por exemplo, com a informação extraída de uma mesma área de cerca de 90 000 km² nos mapas produzidos para o território norte americano):

máximos de precipitação em 30 minutos superiores a 50 mm verificados em quatro zonas - norte litoral (Minho litoral), interior montanhoso central (Serra da Estrela), e barlavento e sotavento do Algarve (sul mediterrânico) - contra valores inferiores a 25 mm (metade, portanto) no norte transmontano e litoral centro (Aveiro) e sul (Sines).

- A fraca expressão, porém, dos recordes pluviométricos nacionais, muito aquém dos recordes mundiais.
- A concentração de precipitações elevadas, na região da serra Algarvia de Monchique e interior do Alto Minho, considerando todas as durações críticas (desde minutos a dias).
- A existência, ainda assim, de regiões onde o potencial pluviométrico não se materializou, até ao momento, numa magnitude de precipitação consentânea com as estimativas regionais (explicável por insuficiência amostral) - tal fica evidenciado pelo maior empolamento que nesses locais as estimativas de Precipitação Máxima Provável induzem.

- A constatação simplificada de que as estimativas de Precipitação Máxima Provável para Portugal Continental são, em média, 2,5 vezes o valor das estimativas para um período de retorno de 1000 anos.
- Existência na zona do litoral centro e sul de Portugal de uma maior concentração da distribuição dos máximos diários de precipitação em unidades horárias e inferiores.
- Existência de maiores percentagens dos máximos de uma hora concentrados em cinco minutos nas chuvadas de Portugal do que as propostas pela WMO.
- Existência de uma relação média entre a precipitação de 24 h e diária (1,16) próxima do valor teórico admitido em termos mundiais (1,14).
- Predominância nas chuvadas analisadas de hietogramas tipo Huff do 1º Quartil (ocorrência da maior percentagem da precipitação total da chuvada no primeiro quarto de duração).

Pretende-se no futuro próximo, utilizar a caracterização agora efectuada no apoio ao cálculo dos caudais de cheias em zonas específicas, na previsão de cheias e na identificação da relação entre as intensidades de precipitação.

Presentemente foi já possível efectuar uma primeira análise do potencial erosivo da precipitação observada em Portugal continental (INAG, 2002).

ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ENQUADRAMENTO.....	2
3. ANTECEDENTES.....	3
4. INFORMAÇÃO PROCESSADA E ANALISADA NO PRESENTE ESTUDO	6
5. METODOLOGIAS E RESULTADOS.....	8
5.1 CURVAS INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF).....	8
5.2 CURVAS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PROVÁVEL	21
5.3 RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES SUB-DIÁRIAS E DIÁRIAS PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO.....	24
5.4 RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES SUB-HORÁRIA E HORÁRIA PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO.....	29
5.5 RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ANUAL MÁXIMA DE 24 h E A DIÁRIA.....	35
5.6 CURVAS PRECIPITAÇÃO-ÁREA-DURAÇÃO (PAD).....	36
5.7 HIETOGRAMAS DE PROJECTO	38
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
7. CONCLUSÕES. TRABALHOS FUTUROS	44
BIBLIOGRAFIA	45
ANEXO I APLICAÇÃO PRÁTICA DA CARACTERIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS PARA A DEFINIÇÃO DE MAPAS DE ISOERODENTES.....	47
ANEXO II – PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS A DIVERSAS A DIVERSAS DURAÇÕES E ACINCO PERÍODOS DE RETORNO (2, 10, 50, 100 E 1000 ANOS).....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – RELATÓRIOS TÉCNICOS (HTTP://SNIRH.INAG.PT).....	1
FIGURA 2 - RECORDES DE PRECIPITAÇÃO MUNDIAIS E PORTUGUESES.	2
FIGURA 3 – ZONAMENTO PLUVIOMÉTRICO PROPOSTO POR MATOS E SILVA (1986).	4
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS UDOGRÁFICOS PERTENCENTES À REDE PROPOSTA PARA ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS.	7
FIGURA 5 - CURVAS IDF PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 1000 ANOS.....	13
FIGURA 6 – VARIAÇÃO DO COEFICIENTE DE CORRECÇÃO (Y COM O PERÍODO DE RETORNO, PARA O POSTO DE PENHAS DOURADAS.....	14
FIGURA 7 - POSTO UDOGRÁFICO DE PENHAS DOURADAS. PARÂMETROS A E B DAS CURVAS IDF EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA E PERÍODO DE RETORNO..	15
FIGURA 8 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS HISTÓRICAS PARA AS DURAÇÕES DE 30 MIN E 1 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.	16
FIGURA 9 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS HISTÓRICAS PARA AS DURAÇÕES DE 6 E 24 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.	17
FIGURA 10 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS AO PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS PARA AS DURAÇÕES DE 30 MIN E 1 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.	18
FIGURA 11 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS AO PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS PARA AS DURAÇÕES DE 6 E 24 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.	19
FIGURA 12 – DIFERENÇAS ENTRE AS SUPERFÍCIES DE PRECIPITAÇÃO BASEADAS NAS ESTIMATIVAS EM 24 HORAS (A) E NAS ESTIMATIVAS DIÁRIAS (TRUNCADAS) (B) DOS POSTOS UDOGRÁFICOS E A SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA GERADA A PARTIR DAS ESTIMATIVAS DAS SÉRIES UDOMÉTRICAS DE 449 POSTOS COM MAIS DE 30 ANOS DE REGISTO (ESTIMATIVAS PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS). .	20
FIGURA 13 – RELAÇÕES ENTRE AS PMP E AS IDF (T=1000 ANOS).	23
FIGURA 14 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PMP PORTUGUESAS E OS RECORDES MUNDIAIS.	23
FIGURA 15 – ISOLINHAS DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PROVÁVEIS PARA AS DURAÇÕES DE 1 E 24 H.	24
FIGURA 16 – VARIAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES COM DURAÇÕES HORÁRIA, SEIS HORAS E 24 H E A PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, COM O PERÍODO DE RETORNO.	26
FIGURA 17 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 1 E 6 H COM A DIÁRIA PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.	27
FIGURA 18 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 1 E 6 H COM A DIÁRIA PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 1000 ANOS.	28
FIGURA 19 – RELAÇÕES DE PRECIPITAÇÕES SUB-HORÁRIAS PARA VINTE E TRÊS POSTOS UDOGRÁFICOS	30
FIGURA 19 – RELAÇÕES DE PRECIPITAÇÕES SUB-HORÁRIAS PARA VINTE E TRÊS POSTOS UDOGRÁFICOS (CONT.).....	31
FIGURA 20 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ASSOCIADAS AO PERCENTIL 50% ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 5 E 10 MIN E A HORA.	33
FIGURA 21 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ASSOCIADAS AO PERCENTIL 50% ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 15 E 30 MIN E A HORA.	34
FIGURA 22 – ISOLINHAS DA RELAÇÃO MÉDIA ENTRE A PRECIPITAÇÃO DE 24 H E A DIÁRIA.	36
FIGURA 23 – CURVAS PRECIPITAÇÃO-ÁREA-DURAÇÃO DIÁRIA PARA ZONA PLANA E MONTANHOSA.....	38
FIGURA 24 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA ÉVORA-CEMITÉRIO PARA DOIS PERÍODOS DE RETORNO.....	39
FIGURA 25 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA FARO-AEROPORTO PARA DOIS PERÍODOS DE RETORNO.....	40
FIGURA 26 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA LISBOA (IGDL) PARA DOIS PERÍODOS DE RETORNO.	40
FIGURA 27 – FREQUÊNCIA DOS QUARTIS PARA OS POSTOS DE LISBOA, ÉVORA E FARO.	41

FIGURA 28 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS PROPOSTAS POR HUFF (1967) E AS CURVAS OBTIDAS PARA LISBOA, ÉVORA E FARO PARA A PROBABILIDADE DE 10%, NOS QUARTO QUARTIS.	41
FIGURA 29 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS PROPOSTAS POR HUFF (1967) E AS CURVAS OBTIDAS PARA LISBOA, ÉVORA E FARO PARA A PROBABILIDADE DE 90%, NOS QUARTO QUARTIS.	42
FIGURA 30 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS PROPOSTAS POR HUFF (1967) E AS CURVAS OBTIDAS PARA LISBOA, ÉVORA E FARO PARA A PROBABILIDADE DE 50%, NOS QUARTO QUARTIS.	43

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – REDE ANALISADA.....	8
QUADRO 2 – PARÂMETROS DAS CURVAS IDF DO PRIMEIRO TRECHO (VÁLIDA ENTRE AS DURAÇÃO 5 E 30 MIN).....	10
QUADRO 3 – PARÂMETROS DAS CURVAS IDF DO SEGUNDO TRECHO (VÁLIDA ENTRE AS DURAÇÃO 30 MIN E 6 H).....	11
QUADRO 4 – PARÂMETROS DAS CURVAS IDF DO TERCEIRO TRECHO (VÁLIDA ENTRE AS DURAÇÃO 6 E 48 H).....	12
QUADRO 5 – PARÂMETROS DAS CURVAS PMP.....	22

1. INTRODUÇÃO

Na ausência de informação hidrométrica relevante na secção drenante de uma bacia hidrográfica ou numa bacia com características geomorfológicas semelhantes, o conhecimento das precipitações intensas é essencial para a determinação indirecta dos caudais de ponta de cheia. Nas zonas urbanas a informação sobre intensidades pluviométricas associadas à sua frequência de ocorrência e às durações das chuvadas críticas, são fundamentais para a quantificação e zonamento dos problemas de inundação.

Com o objectivo de fornecer aos vários utilizadores expressões de cálculo de precipitações intensas para a obtenção de hidrogramas de cheia em diversos ambientes geográficos e geomorfológicos do País, o Instituto da Água elaborou o presente estudo. Nele efectua-se um aprofundamento dos aspectos focalizados num estudo anterior (BRANDÃO e RODRIGUES, 1998), divulgado em snirh.inag.pt, opção relatórios Técnicos, fenómenos extremos (Figura 1), onde se introduziram, pela primeira vez, os aspectos de representatividade espacial das estimativas pontuais e da divulgação destas estimativas para períodos de retorno de projecto superiores aos 100 anos.

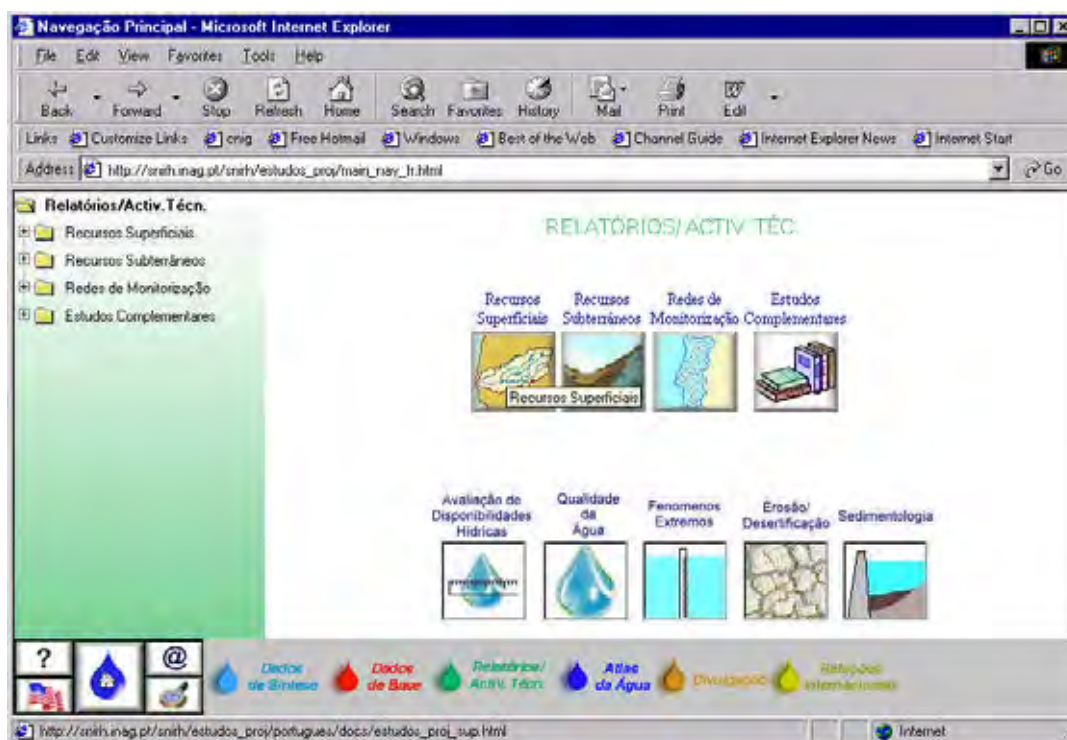


FIGURA 1 – RELATÓRIOS TÉCNICOS (HTTP://SNIRH.INAG.PT)

A designação de precipitações intensas está associada à ocorrência de volumes precipitados significativos nos incrementos de duração de chuvada usuais (de 5 minutos a um, dois dias). Estas precipitações possuem graus de excepcionalidade medidos pela maior ou menor frequência com que são excedidos.

A caracterização do fenómeno das precipitações intensas que aqui se descreve, incluiu a determinação das seguintes componentes: curvas PMP (Precipitações Máximas Prováveis em função da duração), curvas IDF (Intensidade-Duração-Frequência), relações entre precipitações em diferentes intervalos de tempo, curvas PAD (Precipitação-Área-Duração) e hietogramas de projecto. Com base nas relações obtidas para as diferentes regiões, elaboraram-se mapas de isolinhas.

Este estudo, efectuado no Instituto da Água, está completo para 27 postos udográficos, localizados de forma a formar uma malha representativa das grandes variabilidades do território continental português, enquanto cada estação por si, face aos extensos períodos de registo que condicionaram a sua selecção, caracteriza de forma representativa a região onde está inserida.

2. ENQUADRAMENTO

Quando comparadas as envolventes dos recordes de precipitação portuguesas com os recordes precipitados mundiais, para as durações compreendidas entre 5 min e 48 h, verifica-se alguma semelhança de comportamento (dada por uma razão de homotetia) ainda que os valores portugueses sejam fracamente inferiores. Até às 6 h a diferença é constante aumentando esta diferença para as durações superiores a 6 h (Figura 2). Estas diferenças possivelmente estarão relacionadas com a génese e com o processo de intensificação do fenómeno meteorológico condicionados pelo posicionamento geográfico face a zonas de convergência de massas de ar (onde sobressaem as equatoriais).

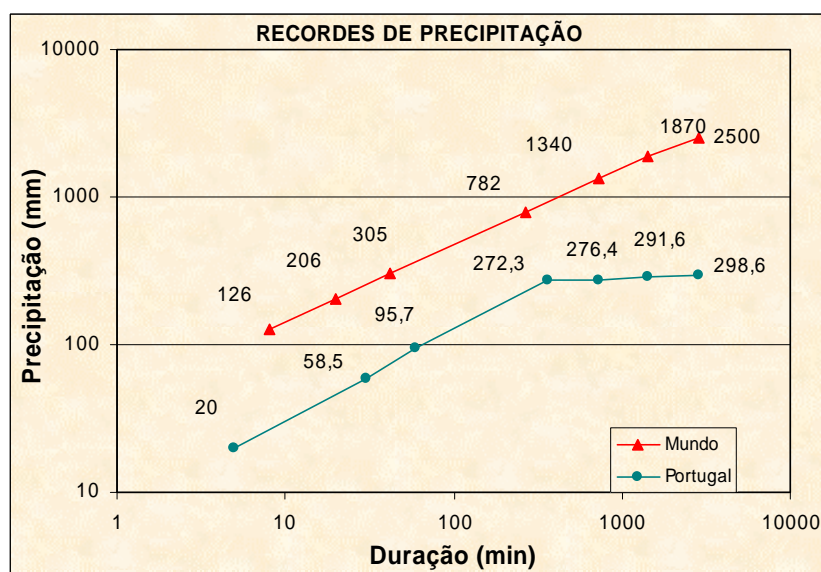


FIGURA 2 - RECORDES DE PRECIPITAÇÃO MUNDIAIS E PORTUGUESES.

Estas diferenças evidenciam que o fenómeno das precipitações intensas é específico de cada região e, portanto, existe a necessidade de elaborar ferramentas hidrológicas adaptadas à realidade meteorológica portuguesa por forma a permitir, pela sua utilização, o dimensionamento correcto de obras hidráulicas e o adequado planeamento. As ferramentas hidrológicas portuguesas, adaptadas a diferentes locais, permitem ainda identificar as regiões onde a ocorrência de precipitações intensas conduz a maiores volumes precipitados, evitando o sub-dimensionamento de obras hidráulicas.

3. ANTECEDENTES

Apesar de existirem postos udométricos em Portugal com períodos de observação superior a 100 anos, e de ser, ainda possível, dispor de dados para estudar as precipitações intensas, há já bastantes anos, a determinação de expressões de cálculo das precipitações intensas para durações de chuvada inferiores ao dia não tem constituído uma prioridade do meio científico (ao contrário de outros países europeus).

Mesmo as expressões de cálculo publicadas mais frequentemente para durações diárias (LOUREIRO e MACEDO, 1981) apresentam algumas imprecisões (RODRIGUES, 1990), o que contribuiu para algum descrédito na sua aplicação. Neste ambiente constituíram excepção e marco de referência os trabalhos de MATOS e SILVA (1986) e de GODINHO (1984, 1987; 1989) e, mais recentemente, BRANDÃO (1995) e BRANDÃO e RODRIGUES (1998).

Assim com estes estudos, Portugal só recentemente possui curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) de abrangência nacional para durações consentâneas com os tempos de concentração de pequenas bacias hidrográficas, entre 5 min e 24 h.

MATOS e SILVA (1986) efectuaram uma das primeiras tentativas de sistematização da variabilidade espacial dos fenómenos pluviosos intensos. A Figura 3 resume esse mapeamento baseado na análise de 20 postos, 11 dos quais com informação inferior à hora (de 5 min a 6 h), onde se nota uma preocupação em reproduzir, no zonamento dos máximos de intensidade pluviosa, o zonamento próprio da precipitação anual média precipitados. As médias anuais (mm/ano), por corresponderem à integração de diversos fenómenos pluviosos, provenientes de diferentes estímulos (térmico, nos fenómenos convectivos, altimétrico nos fenómenos orográficos, ou de circulação, nos fenómenos frontais) poderão não reflectir situações meteorológicas específicas associadas aos máximos de curta duração (mm/h).

Outro aspecto merecedor de alguma reflexão no zonamento proposto por MATOS e SILVA (1986) é a disposição contígua de zonas extremas sem faixas de transição, no Norte do País.

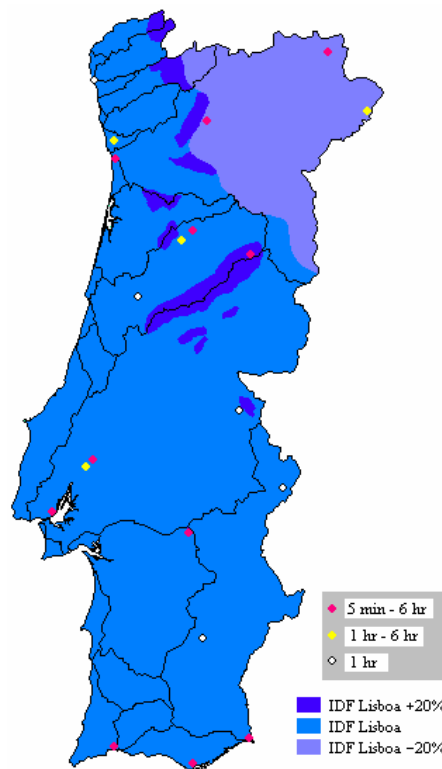


FIGURA 3 – ZONAMENTO PLUVIOMÉTRICO PROPOSTO POR MATOS E SILVA (1986).

No estudo do Sotavento Algarvio, RODRIGUES (1990) põe em causa a uniformidade de comportamento pluviográfico entre a região de Lisboa e o Sotavento Algarvio — como preconizado em MATOS e SILVA (1986). De facto, no Sotavento Algarvio predominam os fenómenos convectivos, reconhecidos como menos sensíveis ao efeito de altitude. RODRIGUES (1990) chega mesmo a estipular a hipótese de independência dos fenómenos pluviosos extremos do efeito de altitude em zonas escudadas.

No estudo das precipitações extremas no Sotavento Algarvio RODRIGUES (1990) demonstra que o efeito de altitude se vai afirmando nessa região apenas na medida em que a persistência dos fenómenos pluviosos progride para intervalos de tempo semanais, mais relacionados com o volume total do que com a intensidade de precipitação.

MATOS e SILVA (1986) usaram os dados de base compilados por Rocha Faria e Sousa Machado e utilizados num estudo similar em 1978 (GODINHO, 1987, *op. cit.*) que compreendia 20 postos, dos quais 13 com séries entre 10 e 28 anos, e sete com séries inferiores a 10 anos.

GODINHO (1987) melhora as estimativas limitando a leitura dos novos gráficos à determinação do máximo em 60 min e, com esta simplificação, aumenta a rede de base em mais 11 postos, actualizando ainda as séries da rede primitiva, num período relativamente curto de tempo.

Assim, sem a preocupação de determinação de máximos para durações inferiores a uma hora, surgem novas estimativas baseadas numa rede de 31 postos, 18 dos quais com séries superiores a 20 anos, nove postos com séries entre 13 e 20 anos, e quatro postos com séries inferiores a 13 anos.

Com esta nova rede GODINHO (1987) publica mapas de isolinhas de relações entre os máximos com durações de 60 min e os máximos diários, bem como entre os máximos em 6 h e os máximos diários, associados ao períodos de retorno de 2,33 anos (média) e ao período de retorno de 100 anos. Propõe ainda, para a determinação de máximos em durações inferiores a uma hora a utilização das relações médias estabelecidas com os máximos de 60 min preconizadas no Guia de Práticas Hidrológicas da WMO/OMM.

Estas estimativas e os mapeamentos foram actualizados em GODINHO (1989), com um aditamento em 1991. Para as estimativas sub-horárias, continua a ser preconizada a utilização dos coeficientes de redução que, nesta nova versão, aparecem referidos a um zonamento sumário do território continental.

BRANDÃO (1995) analisa com maior detalhe decorrente da digitalização sistemática dos hietogramas diários, em quatro estações udográficas (Aveiro, Lisboa, Évora e Faro), os fenómenos extremos. Passaram a obter-se valores de precipitações mais correctas para durações horárias e sub-horárias uma vez que, até aí, eram muitas vezes determinadas a partir da análise dos registos dos dias de maior precipitação.

Com a preocupação de generalizar espacialmente estimativas mais rigorosas baseadas na digitalização, BRANDÃO e RODRIGUES (1998) apresentaram curvas de intensidade-duração-frequência para dezassete postos udográficos e para quatro períodos de retorno : 50, 100, 500 e 1000 anos. Estas curvas foram obtidas a partir das precipitações provenientes da digitalização sistemática (seis postos), da digitalização não sistemática (três postos), da leitura discreta (sete postos) e da inferência diária (um posto). Aplicou-se a designação *digitalização sistemática* para caracterizar a precipitação resultante da digitalização de todo o espólio de udogramas registados em cada posto de precipitação, reservando-se a designação *digitalização não sistemática* para as situações em que apenas foram digitalizados os sete dias no ano com maior precipitação; e, ainda, a designação *leitura discreta* para a análise de forma não contínua dos udogramas, isto é, para a leitura do udograma em intervalos de tempo pré definidos.

A partir de nova informação processada, BRANDÃO e RODRIGUES (1998) adaptaram e modificaram os mapas de isolinhas de GODINHO (1989) e elaboraram mapas da percentagem dos máximos de precipitação em 60 min e 6 h em função dos diários para o período de retorno de projecto hidráulico de 1000 anos.

A digitalização sistemática permitiu ainda, numa primeira fase, analisar a adequabilidade dos coeficientes de redução sub-horária a aplicar aos totais de 60 min já referidas. A análise efectuada para quatro postos, com extensas séries de registos, denotaram ligeiros afastamentos entre os valores médios observados e os valores médios propostos no Guia de Práticas Hidrológicas da OMM, afastamento esse mais pronunciado quando estão envolvidos dados de locais onde existe maior predominância de fenómenos convectivos.

A sobreposição das relações máximas e mínimas observadas às relações médias, evidenciou a grande dispersão própria destes coeficientes de redução dos totais horários para totais sub-horários. Ainda que não haja uma relação bem definida entre os máximos afastamentos ao comportamento médio desses coeficientes e os maiores períodos de retorno, parece haver uma tendência para uma relação directa entre os mesmos. Estes resultados do estudo de BRANDÃO e RODRIGUES (1998) foram reconfirmados neste estudo (confira-se a Figura 19).

4. INFORMAÇÃO PROCESSADA E ANALISADA NO PRESENTE ESTUDO

A caracterização das precipitações intensas baseou-se na análise das séries observadas em 27 postos udográficos seleccionados de entre aqueles que possuíam maior número de anos de registo e de forma a representarem com boa aproximação as diversas regiões do País. As séries utilizadas foram obtidas por digitalização sistemática dos udogramas diários (sifão ou báscula), reflectindo, assim, a distribuição espacial da rede utilizada neste estudo a priorização dada no passado, à colocação de postos udográficos nas principais capitais de distrito conjugada com os locais reconhecidos como de incidência de precipitações comparativamente altas.

A qualidade das séries dos valores foi, também, um dos critérios de selecção, tendo sido escolhidos os postos udográficos que tivessem o menor número de falhas ao longo do registo.

Da rede básica de 40 postos udográficos a ter plenamente caracterizada até ao final de 2002, foram já digitalizados e analisadas cerca de 360 mil udogramas, correspondentes a 27 postos udográficos localizados em Portugal continental (Figura 4). Os registos analisados

têm extensão compreendida entre 22 e 56 anos, com exceção de Aveiro e Relíquias e Catraia, com apenas 15 e 13 anos respectivamente, e Lisboa, com 132 anos (Quadro 1).

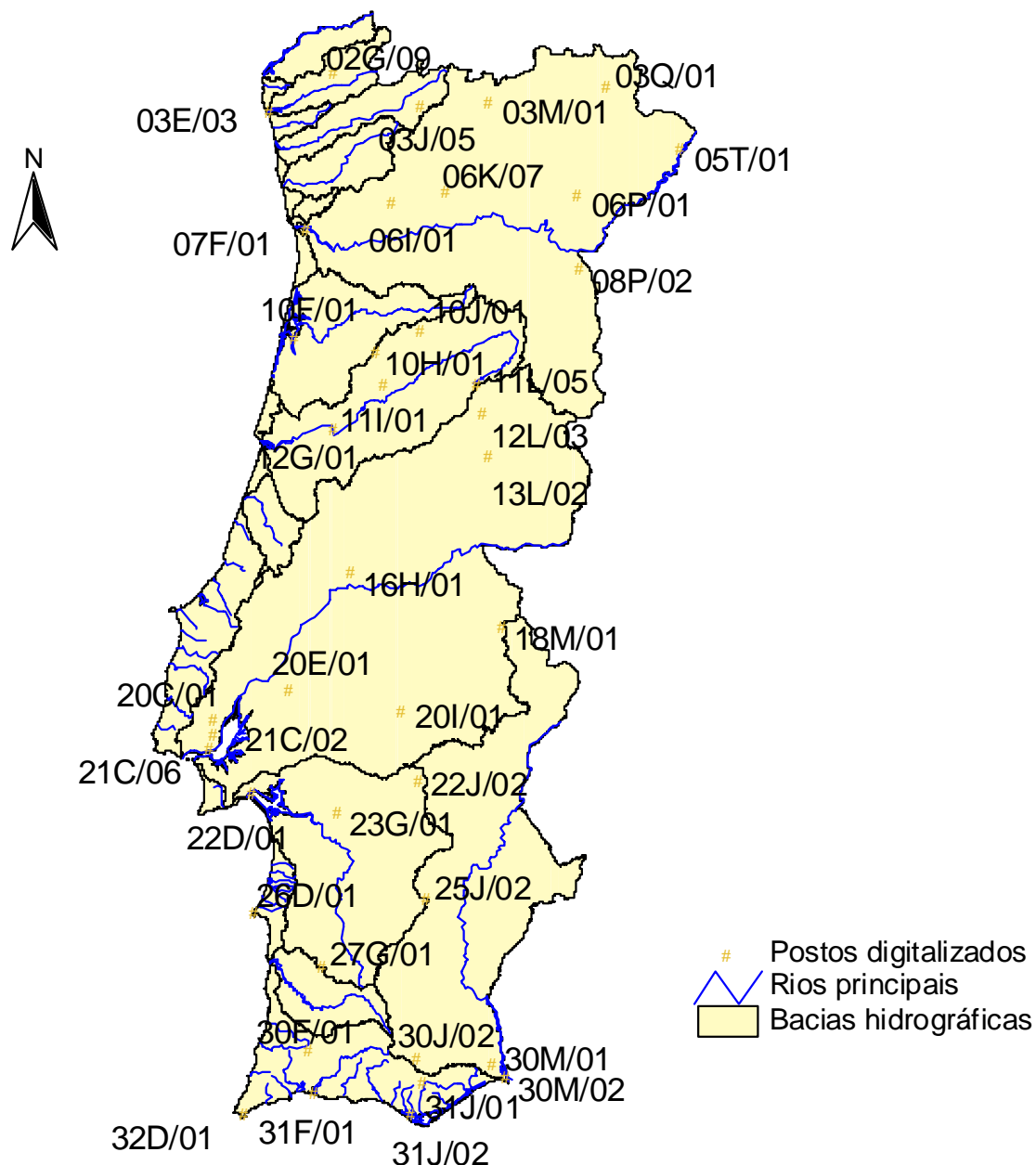


FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS UDOGRÁFICOS PERTENCENTES À REDE PROPOSTA PARA ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS.

A caracterização das precipitações intensas, por incidir sobre fenómenos extremos, requer longas séries de registos de precipitação na análise. Por esta razão, foram analisadas séries de precipitação com pelo menos 20 anos, com exceção da de Relíquias, cuja escolha se deveu ao registo de precipitações próximas dos recordes nacionais, e em Aveiro, onde a

análise esteve associada há necessidade de efectuar o dimensionamento de obras hidráulicas com informação desta região (uma vez que estas séries são curtas prevê-se um estudo complementar das precipitações intensas a partir de postos udográficos vizinhos).

Quadro 1 – Rede analisada.

Códigos	Posto udográfico	Período digitalizado	Período analisado	Tamanho da série analisada	Altitudes (m)
02G/09	Casal Soeiro		1960-1991	25	95
05T/01	Miranda do Douro		1951-1997	40	693
03M/01	Chaves		1931-1972	34	340
03E/03	Viana do Castelo		1963-1996	33	16
10F/01	Aveiro (Universidade)		1980-1995	15	5
10H/01	Caramulo		1937-1993	40	818
11I/01	Sta Comba Dão	1932-1992	1997-2001	56	246
11L/05	Penhas Douradas		1941-1997	54	1380
12L/03	Covilhã	1943-2001	1943-1996	43	745
12G/01	Coimbra (IG)**		1935-1966	31	141
13L/02	Gralhas		1946-1981	32	910
21C/06	Lisboa (IGIDL)	1972-1992	1860-1992	88 a 132	77
21C/02	Lisboa (Portela)		1947-1984	25	103
20C/01	S. Julião do Tojal		1957-1992	34	13
18M/01	Portalegre		1959-1997	38	596
20I/01	Pavia		1959-1995	35	192
22J/02	Évora-Cemitério		1940-1992	52	309
25J/02	Beja		1956-1997	41	246
26D/01	Sines		1970-1996	22	15
27G/01	Relíquias		1981-1995; 1997/98	13	230
30J/02	Catraia *		1959-1974	15	420
31J/01	S. Brás de Alportel *		1942-1989	47	325
30M/01	Figueirais *		1945-1981	36	82
31F/01	Praia da Rocha		1941-1996	52	21
30F/01	Monchique		1933-1935; 1948-1982; 1997/98	33	465
31J/02	Faro-Aeroporto		1943-1996	51	8
30M/02	Vila Real de Sto António		1949-1997	47	7

* Digitalização não sistemática (DNS); ** Digitalização sistemática discreta (passo de 1 h)

5. METODOLOGIAS E RESULTADOS

5.1 CURVAS INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF)

As curvas IDF determinam, para um dado posto udográfico, a relação entre a intensidade de precipitação e a duração associada a um período de retorno (ou probabilidade de não excedência).

Com o objectivo de determinar as curvas IDF, aplicou-se a 27 postos udográficos a metodologia estabelecida em BRANDÃO (1995) e inicialmente aplicada a nove postos (BRANDÃO e RODRIGUES, 1998). A metodologia é baseada na utilização de meios informáticos, que possibilitam a análise automática dos udogramas digitalizados.

A metodologia base (BRANDÃO, 1995) foi aprimorada tendo como objectivos a adequação a novos conhecimentos relativos à intensificação das precipitações intensas e a resposta às solicitações no âmbito dos estudos hidrológicos.

A metodologia para obtenção das curvas intensidade-duração-frequência (curvas IDF), compreendeu os seguintes passos:

1. Aquisição de dados pluviométricos por digitalização dos udogramas diários dos postos seleccionados.
2. Determinação da intensidade anual máxima de precipitação ocorrida em 5, 10, 15 e 30 min e em 1, 2, 6, 12, 24 e 48 h, que permitiu construir dez séries anuais de intensidade de precipitação máxima.
3. Análise estatística das dez séries, correspondentes às dez durações. Esta análise inclui a determinação de descritores estatísticos (média, desvio-padrão, coeficiente de assimetria e coeficiente de achatamento) e a adaptação da função de distribuição de probabilidades de extremos tipo I (lei de Gumbel). A avaliação do ajustamento à lei de Gumbel foi efectuada através da análise dos histogramas e do teste de hipótese do Qui-Quadrado.
4. Determinação das intensidades de precipitação associadas a oito períodos de retorno (2, 5, 10, 50, 100, 500 e 1000 anos) para as várias durações recorrendo à função de distribuição de probabilidade de extremos tipo I.
5. Representação, para cada período de retorno, das intensidades de precipitação (mm/h) em função da duração da precipitação (min). Esta representação mostrou que existe, geralmente, quebra na evolução da intensidade de precipitação para durações próximas de 30 min e de 6 h. Esta hipótese foi confirmada pela análise das datas onde ocorreram as intensidades de precipitação anuais máximas. Assim, detectou-se que os fenómenos meteorológicos que provocam os máximos para durações inferiores a 30 min e 1 h não são, geralmente, do mesmo tipo dos que originam os máximos para durações superiores a 1 h. Nesta conformidade, julgou-se ser conveniente que a curva para um dado período de retorno deva ser composta por três trechos: o primeiro válido entre 5 min e 30 min, o segundo válido entre 30 min e 6 h e, por fim, o terceiro válido entre 6 h e 48 h. O terceiro trecho irá substituir as chamadas curvas de precipitação-duração-frequência, próprias para grandes durações.
6. Tal como se mostra em BRANDÃO (1995), as curvas do tipo potencial ($I=aD^b$) são as que melhor se adaptam à relação entre a intensidade de precipitação e a duração para um dado período de retorno, sendo a e b parâmetros resultantes do ajustamento entre as intensidades de precipitação e as durações (associada a um período de retorno) pelo método dos mínimos quadrados.

No Quadros 2, 3 e 4 indicam-se os parâmetros obtidos, para cada posto udográfico analisado, para os oito períodos de retorno.

Quadro 2 – Parâmetros das curvas IDF do primeiro trecho (válida entre as duração 5 e 30 min).

Códigos	Posto Iudográfico	Períodos de retorno (anos)																	
		2		5		10		20		50		100		500		1000			
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
		Parâmetros ((mm/h)=aD ^(mm/h))																	
		IDF (válidas dos 5 aos 30 min)																	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
02G/09	Casal Sobeiro	368.70	-0.697	487.77	-0.674	567.07	-0.665	643.30	-0.659	742.13	-0.652	816.26	-0.649	987.73	-0.643	1061.50	-0.641		
03J/05	Vila da Ponte																		
03Q/01	Braça																		
05T/01	Miranda do Douro	146.70	-0.539	179.44	-0.483	202.44	-0.461	224.96	-0.446	254.50	-0.431	276.82	-0.423	328.76	-0.409	351.19	-0.405		
06K/07	Vila Real																		
03M/01	Chaves	148.96	-0.585	217.29	-0.596	262.48	-0.600	305.82	-0.603	361.90	-0.605	403.91	-0.607	500.99	-0.609	542.72	-0.610		
06M/01	Amarante																		
06P/01	Cerejeiras																		
08P/02	Escalhão																		
03E/03	Viana do Castelo	202.49	-0.525	286.54	-0.512	342.32	-0.508	395.86	-0.504	465.21	-0.502	517.19	-0.500	637.36	-0.497	689.03	-0.496		
07F/01	Porto (Serra do Pilar)																		
10F/01	Aveiro (Universidade)	168.74	-0.529	213.70	-0.530	243.44	-0.531	271.90	-0.531	308.88	-0.531	336.53	-0.531	400.43	-0.532	427.90	-0.532		
10J/01	Viseu																		
10H/01	Caramulo	142.94	-0.457	179.08	-0.445	203.10	-0.439	226.18	-0.435	256.08	-0.431	278.50	-0.429	330.37	-0.425	352.67	-0.423		
11M/01	Sta Comba Dão	178.77	-0.549	242.05	-0.575	333.98	-0.585	393.45	-0.592	470.50	-0.599	528.26	-0.602	661.80	-0.609	719.22	-0.611		
11L/05	Penhas Douradas	163.11	-0.514	242.78	-0.518	296.51	-0.519	346.09	-0.520	411.56	-0.521	480.62	-0.522	573.97	-0.522	622.71	-0.523		
12L/03	Covilhã	159.10	-0.527	215.00	-0.540	252.06	-0.546	287.63	-0.550	333.89	-0.554	388.22	-0.556	448.04	-0.561	482.36	-0.562		
12G/01	Coimbra (IG)																		
13L/02	Gralhas	219.65	-0.530	282.71	-0.514	324.65	-0.507	364.95	-0.503	417.19	-0.498	456.36	-0.495	546.97	-0.490	585.94	-0.489		
21C/06	Lisboa (SjIDL)	176.46	-0.529	214.32	-0.499	239.69	-0.486	264.16	-0.477	295.96	-0.467	319.86	-0.461	375.21	-0.451	399.04	-0.447		
21C/02	Lisboa (Pontela)	187.70	-0.516	294.15	-0.555	365.58	-0.571	434.48	-0.581	524.03	-0.592	591.31	-0.598	747.16	-0.608	814.30	-0.611		
20C/01	S. Julião do Tojal	164.68	-0.545	236.96	-0.557	284.64	-0.561	330.31	-0.565	389.37	-0.567	433.58	-0.569	536.70	-0.572	579.58	-0.573		
22D/01	Setúbal																		
16H/01	Barragem de Castelo de Bode																		
18M/01	Portalegre	155.34	-0.498	189.67	-0.455	213.08	-0.437	235.80	-0.424	265.45	-0.411	287.78	-0.404	339.63	-0.392	361.99	-0.387		
20E/01	Barragem de Magos																		
20M/01	Pavia	155.93	-0.532	239.17	-0.563	294.68	-0.575	348.08	-0.584	417.36	-0.592	469.35	-0.597	569.64	-0.605	641.40	-0.607		
22J/02	Évora-Ceritério	197.78	-0.534	228.45	-0.474	250.35	-0.449	271.98	-0.430	300.48	-0.412	322.13	-0.401	372.70	-0.383	394.60	-0.377		
25J/02	Beja	163.46	-0.511	199.75	-0.478	224.26	-0.464	247.97	-0.454	278.84	-0.444	302.07	-0.438	365.92	-0.427	379.12	-0.424		
23G/01	Pêgo do Altar																		
26D/01	Sines	169.86	-0.536	233.04	-0.546	274.92	-0.550	315.12	-0.553	367.17	-0.556	406.19	-0.558	496.38	-0.561	536.16	-0.562		
27G/01	Relíquias	162.92	-0.483	208.66	-0.432	240.08	-0.413	270.59	-0.399	310.41	-0.387	340.39	-0.380	409.97	-0.369	439.96	-0.365		
30J/02	Cattraia *																		
31J/01	S. Brás de Alportel *																		
30M/01	Figueirais *																		
31F/01	Praia da Rocha	143.24	-0.516	209.85	-0.544	254.08	-0.555	296.56	-0.563	351.59	-0.571	392.85	-0.575	468.25	-0.582	529.28	-0.585		
30F/01	Monchique	231.97	-0.549	274.93	-0.479	306.29	-0.452	337.36	-0.433	378.41	-0.415	409.57	-0.405	482.32	-0.387	513.81	-0.382		
32D/01	Sagres																		
31J/02	Faro	199.45	-0.541	246.18	-0.483	278.56	-0.461	310.14	-0.446	351.44	-0.431	382.59	-0.422	454.99	-0.408	486.23	-0.403		
30M/02	Vila Real de Sto António	163.82	-0.479	204.99	-0.452	232.58	-0.440	259.17	-0.432	293.72	-0.424	319.66	-0.419	379.75	-0.410	405.61	-0.408		

* Digitalização não sistemática (DNS)

Quadro 3 – Parâmetros das curvas IDF do segundo trecho (válida entre as durações 30 min e 6 h).

Posto hidrográfico	Períodos de retorno (anos)															
	2		5		10		20		50		100		500		1000	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Casal Soeiro	208.29	-0.533	347.51	-0.681	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.76	-0.632	765.64	-0.640	992.85	-0.656	1091.60	-0.660
Vila da Ponte																
Bragança																
Miranda do Douro	243.20	-0.699	467.22	-0.766	630.14	-0.793	793.34	-0.812	1011.70	-0.830	1179.10	-0.841	1574.50	-0.859	1747.10	-0.865
Vila Real																
Chaves	211.55	-0.691	390.39	-0.753	520.77	-0.779	651.83	-0.798	827.78	-0.817	963.14	-0.828	1284.00	-0.847	1424.60	-0.853
Amarante																
Cerejais																
Escalhão																
Viana do Castelo	281.33	-0.624	545.43	-0.704	742.80	-0.738	943.80	-0.762	1216.60	-0.786	1428.20	-0.800	1934.00	-0.824	2156.80	-0.832
Porto (Serra do Pilar)																
Aveiro (Universidade)	253.70	-0.654	361.63	-0.683	435.95	-0.697	508.78	-0.707	604.76	-0.718	677.67	-0.725	848.55	-0.738	922.80	-0.742
Viseu																
Caramulo	118.17	-0.416	186.42	-0.466	235.34	-0.489	284.34	-0.507	350.11	-0.526	400.79	-0.537	521.30	-0.558	574.26	-0.565
Sta Comba Dão	241.72	-0.641	378.45	-0.683	470.50	-0.672	559.43	-0.678	675.14	-0.684	762.16	-0.687	963.91	-0.693	1050.80	-0.695
Penhas Douradas	148.88	-0.499	297.38	-0.579	409.76	-0.613	524.90	-0.638	661.88	-0.662	804.03	-0.676	1097.00	-0.700	1226.30	-0.709
Covilhã	138.14	-0.493	194.75	-0.521	233.27	-0.535	270.74	-0.545	319.82	-0.555	366.92	-0.562	443.41	-0.573	480.84	-0.577
Coimbra (IG)	280.69	-0.653	374.38	-0.647	436.65	-0.644	496.49	-0.643	574.03	-0.641	632.17	-0.640	766.63	-0.639	824.45	-0.638
Gralhas	229.22	-0.561	361.34	-0.604	453.73	-0.623	544.85	-0.637	665.47	-0.651	757.34	-0.660	973.15	-0.675	1067.00	-0.680
Lisboa (IGIDL)	251.82	-0.628	345.32	-0.634	407.36	-0.637	466.92	-0.639	544.07	-0.641	601.92	-0.642	736.65	-0.644	793.16	-0.645
Lisboa (Portela)	359.15	-0.711	417.04	-0.665	461.54	-0.647	506.26	-0.634	565.82	-0.623	611.24	-0.616	717.68	-0.605	763.86	-0.602
S. Julião do Tojal	205.93	-0.596	236.70	-0.544	265.17	-0.525	292.01	-0.512	327.90	-0.500	365.32	-0.493	419.64	-0.482	447.56	-0.479
Setúbal																
Barragem de Castelo de Bode																
Portalegre	229.15	-0.622	389.81	-0.674	504.10	-0.697	617.67	-0.713	768.83	-0.729	884.39	-0.739	1156.70	-0.756	1275.50	-0.761
Barragem de Magos																
Pavia	237.28	-0.659	306.77	-0.647	363.20	-0.642	397.89	-0.639	455.90	-0.635	499.43	-0.633	600.18	-0.630	643.53	-0.629
Evora-Cemitério	366.51	-0.713	571.47	-0.735	709.63	-0.744	843.21	-0.751	1017.00	-0.757	1147.90	-0.761	1451.30	-0.767	1582.10	-0.769
Beja	303.86	-0.692	468.63	-0.727	581.81	-0.743	692.32	-0.754	837.37	-0.765	947.16	-0.772	1203.30	-0.783	1314.20	-0.787
Pêgo do Altar																
Sines	316.67	-0.719	416.93	-0.713	483.30	-0.711	546.97	-0.709	629.39	-0.707	691.15	-0.706	833.87	-0.705	895.23	-0.704
Relíquias	285.02	-0.658	484.95	-0.683	619.29	-0.691	748.90	-0.697	917.30	-0.702	1043.80	-0.705	1336.80	-0.710	1462.90	-0.712
Catraia *					358.73	-0.583			600.18	-0.595	745.31	-0.600	1225.90	-0.611	1519.50	-0.616
S. Brás de Alportel *					342.70	-0.575			569.56	-0.576	709.50	-0.577	1174.90	-0.580	1459.40	-0.581
Figueirais *					373.03	-0.579			748.70	-0.592	1006.60	-0.598	1980.80	-0.610	3323.50	-0.656
Praia da Rocha	254.91	-0.684	366.91	-0.700	441.75	-0.706	513.84	-0.711	607.46	-0.715	677.76	-0.718	840.56	-0.723	910.65	-0.724
Monchique	245.74	-0.566	312.01	-0.509	361.22	-0.491	409.85	-0.479	473.87	-0.469	522.31	-0.463	635.09	-0.454	683.80	-0.451
Sagres																
Faro	312.50	-0.679	475.42	-0.686	583.37	-0.688	686.94	-0.690	821.02	-0.691	921.51	-0.692	1153.80	-0.693	1253.60	-0.694
Vila Real de Sto António	342.68	-0.690	483.64	-0.694	577.01	-0.696	666.52	-0.697	782.29	-0.698	869.17	-0.699	1069.70	-0.700	1155.90	-0.700

* Digitalização não sistemática (DNS)

As curvas IDF associadas ao período de retorno de 1000 anos foram representadas graficamente, em escala logarítmica, tendo sido agrupadas em função do seu zonamento geográfico (Figura 5).

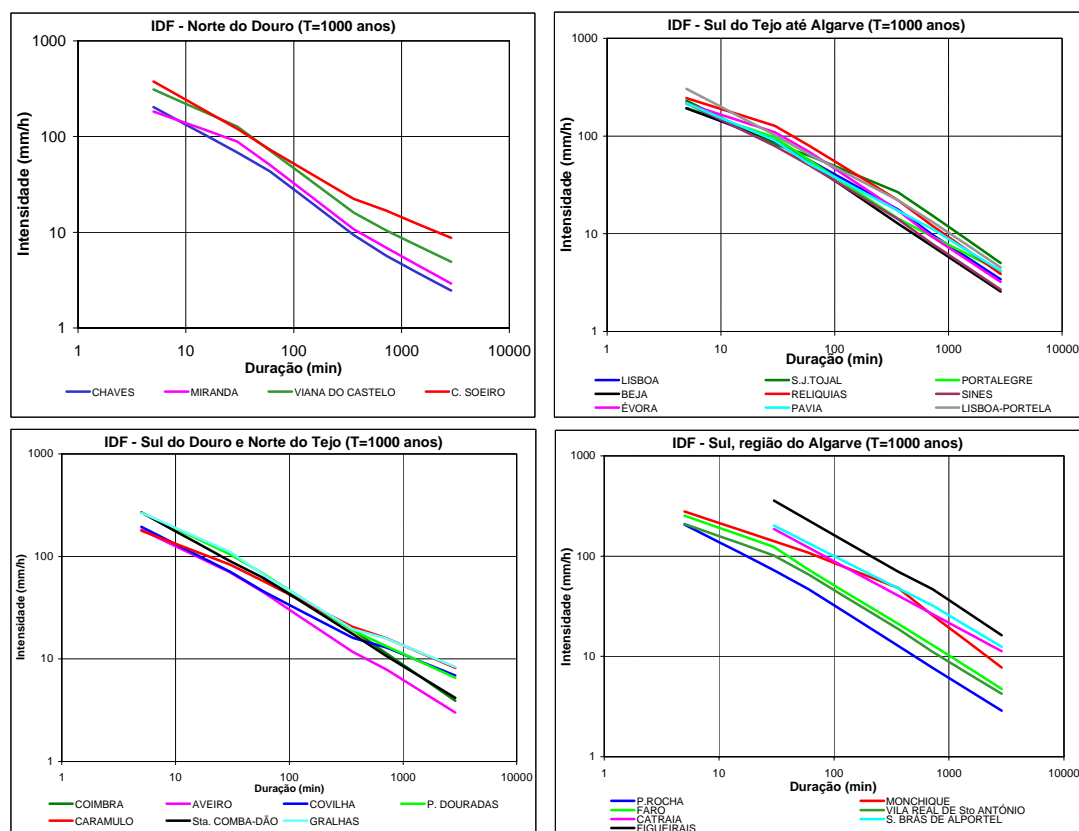


FIGURA 5 - CURVAS IDF PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 1000 ANOS.

O estudo de fenómenos extremos baseado numa série de registos contínuos históricos poderá não incluir os maiores máximos de que há registo. Ao comparar as precipitações diárias máximas históricas por registo discreto com as máximas diárias por registo contínuo (analisadas neste estudo) identificaram-se quatro postos udográficos (Viana do Castelo, Penhas Douradas, Beja e Relíquias) onde os maiores máximos foram observados fora do período udográfico analisado. Esta situação ocorre dado que as séries udográficas analisadas, apesar de extensas, são, geralmente, mais curtas que a totalidade da série udométrica do mesmo posto. Deste universo de casos mais relevantes o posto udográfico de Penhas Douradas merece ser estudado com maior profundidade visto o período de udometria anterior ao registo contínuo incluir quatro valores de precipitação diária (234,5, 310, 331 e 337,4 mm) muito superiores à precipitação de 24 h máxima registada (155,3 mm), sendo a diferença entre o máximo observado e analisado quase 200 mm (pelo menos 1,5 vezes o valor analisado).

Visando avaliar a influência destes máximos nas estimativas das curvas IDF determinaram-se outras curvas IDF para durações compreendidas entre 1 e 4 dias nos oito períodos de

retorno, definidos anteriormente, considerando a totalidade da série udométrica de Penhas Douradas. Seguidamente compararam-se as novas curvas IDF com as curvas IDF do terceiro trecho (elaboradas só com dados a partir da duração diária). A comparação compreendeu a avaliação da variância das duas amostras de forma a determinar se ambas pertencem à mesma população através da aplicação do teste de Fisher (Teste F) aos parâmetros a e b dos dois grupos das curvas IDF. Constatou-se que em relação ao parâmetro a , influenciado fundamentalmente pela magnitude dos valores da série analisada, as duas amostras não pertencem à mesma população; em relação ao parâmetro b , influenciado fundamentalmente pela região, as duas amostras pertencem à mesma população. A partir desta conclusão será possível assumir como estimativas válidas os parâmetros b , obtidos da série udográfica, assim, efectuar uma correcção na estimativa do parâmetro a proveniente da mesma série, de forma a ser representativo também da população já amostrada. Assim, estimou-se um coeficiente de correcção (y), associado ao período de retorno, que permitirá corrigir a intensidade de precipitação (I_u) obtida pela curva IDF (3º trecho de Penhas Douradas) e, assim, obter a intensidade de precipitação final (I_t):

$$I_t = y I_u$$

A relação entre o coeficiente de correcção (y) e o período de retorno é expressa por uma expressão matemática do tipo exponencial que resultou do ajustamento, efectuado pelo método dos mínimos quadrados, entre as relações (parâmetro a da série total/parâmetro a da série udográfica) e o período de retorno (Figura 6).

Por fim efectuou-se uma análise da variação dos parâmetros a e b das curvas IDF (terceiro trecho de Penhas Douradas) ao tamanho da amostra. Para tal estimaram-se os parâmetros a e b das curvas IDF resultantes de vários tamanhos da amostra (87, 60, 40, 30 e 20 anos), para quatro períodos de retorno 1000, 100, 50 e 2 anos (Figura 7).

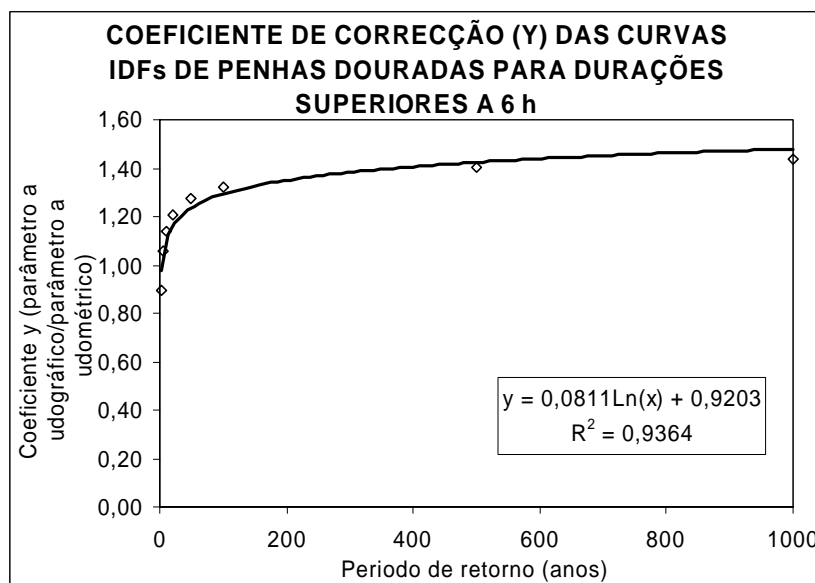


FIGURA 6 – VARIACÃO DO COEFICIENTE DE CORRECÇÃO (Y COM O PERÍODO DE RETORNO, PARA O POSTO DE PENHAS DOURADAS..

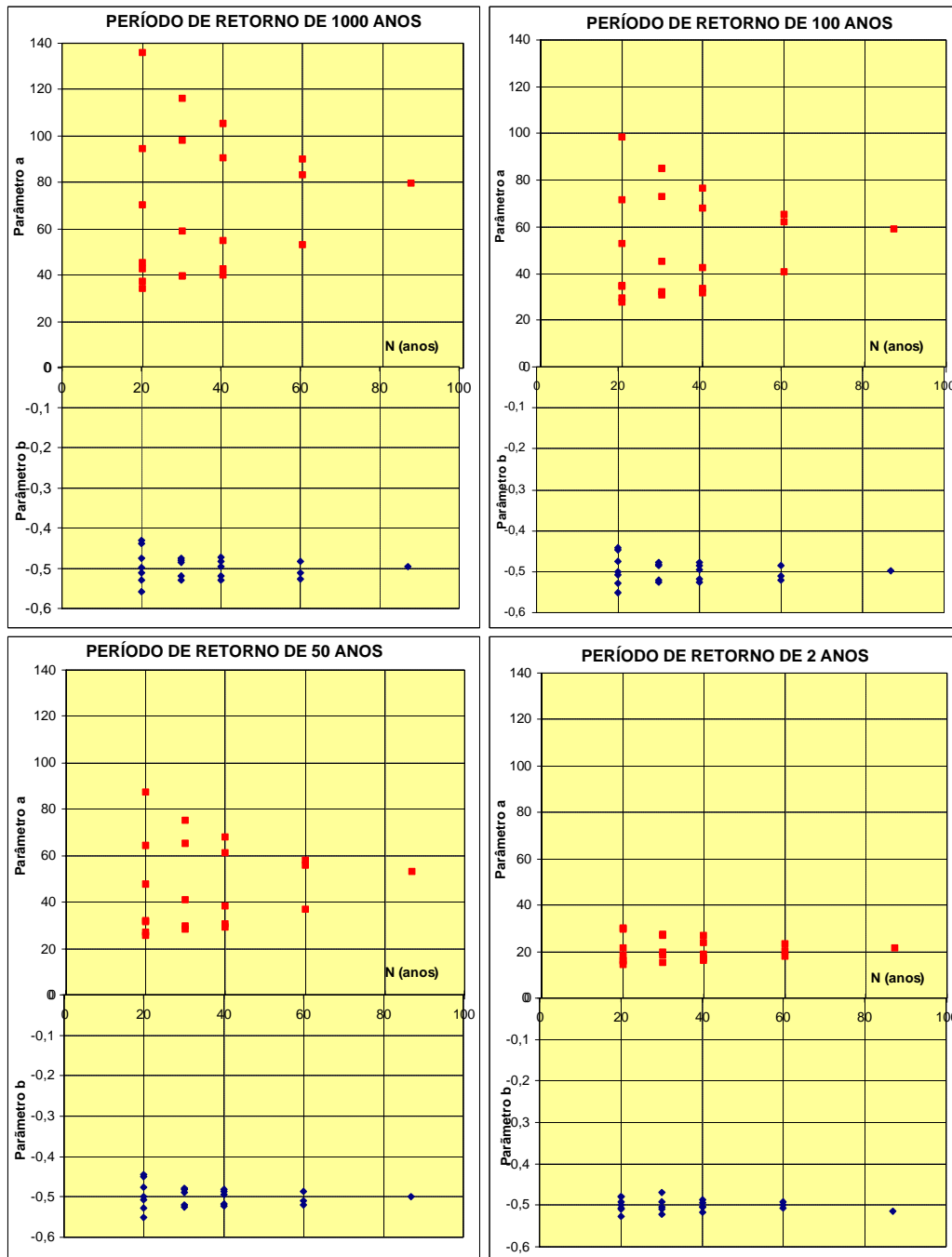


FIGURA 7 - POSTO UDOGRÁFICO DE PENHAS DOURADAS. PARÂMETROS A E B DAS CURVAS IDF EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA E PERÍODO DE RETORNO.

Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 apresentam-se as isolinhas de precipitação referentes aos máximos históricos e ao período de retorno de 100 anos para as durações de 30 min, 1, 6 e 24 h. As isolinhas de precipitação traçadas com base no Sistema de Informação Geográfica (ArcView) e obtidas por interpolação através do método designado por IDW (Inverse Distance Weighting) considerando 9 postos vizinhos e potência de três. Pela análise das figuras seguintes é possível identificar as zonas onde são mais elevados os maiores máximos de precipitação já ocorridos.

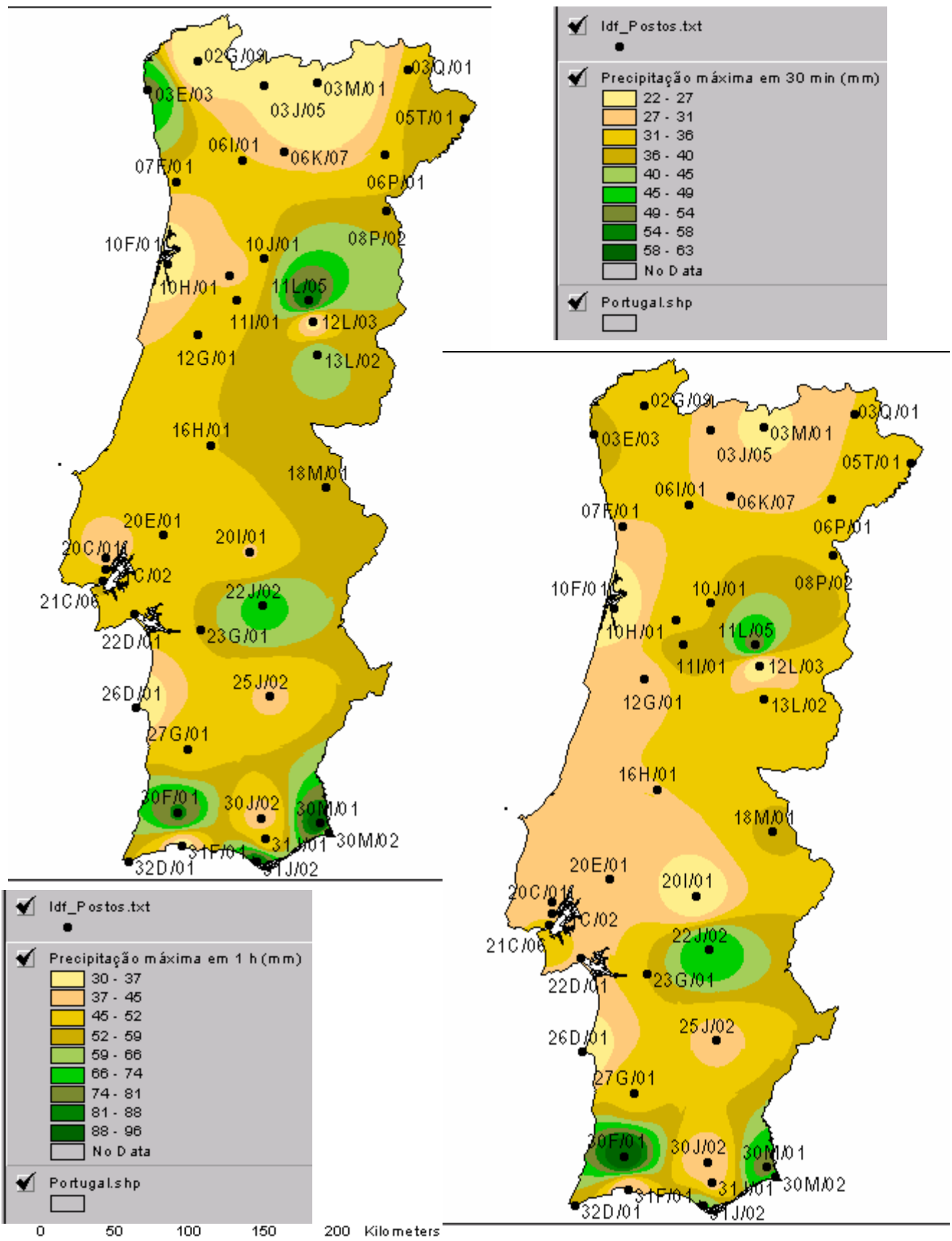


FIGURA 8 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS HISTÓRICAS PARA AS DURAÇÕES DE 30 MIN E 1 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.

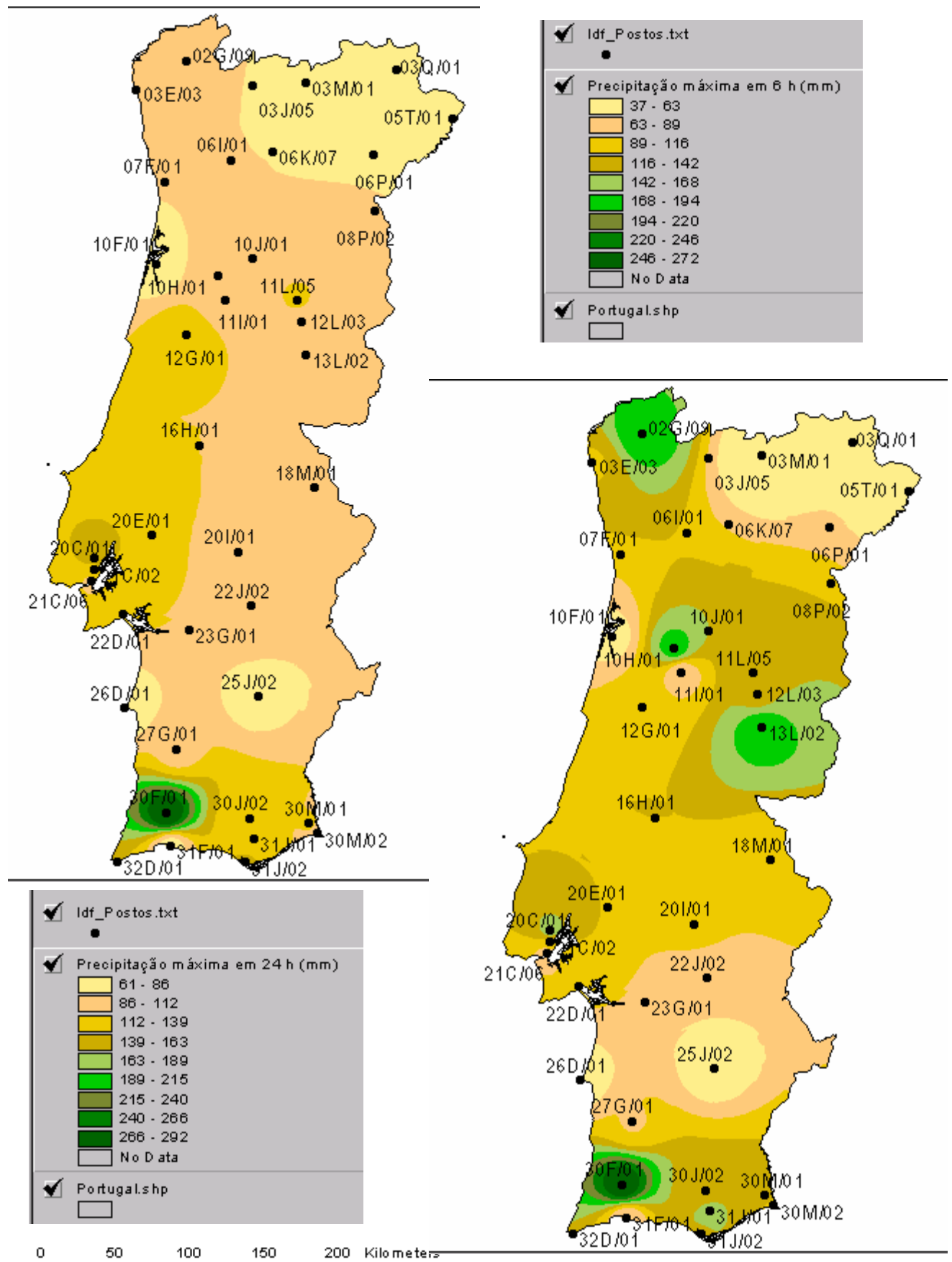


FIGURA 9 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS HISTÓRICAS PARA AS DURAÇÕES DE 6 E 24 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.

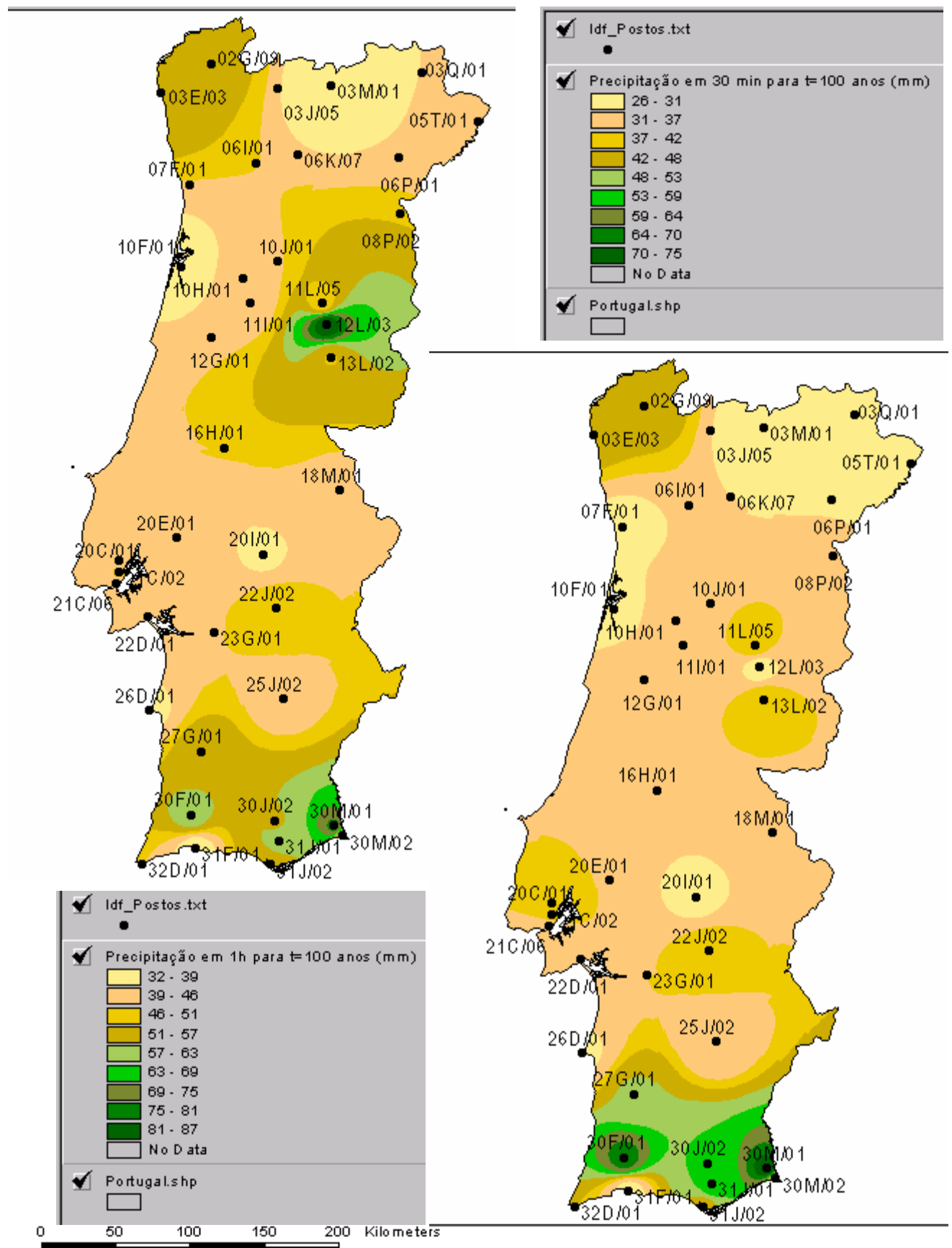


FIGURA 10 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS AO PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS PARA AS DURAÇÕES DE 30 MIN E 1 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.

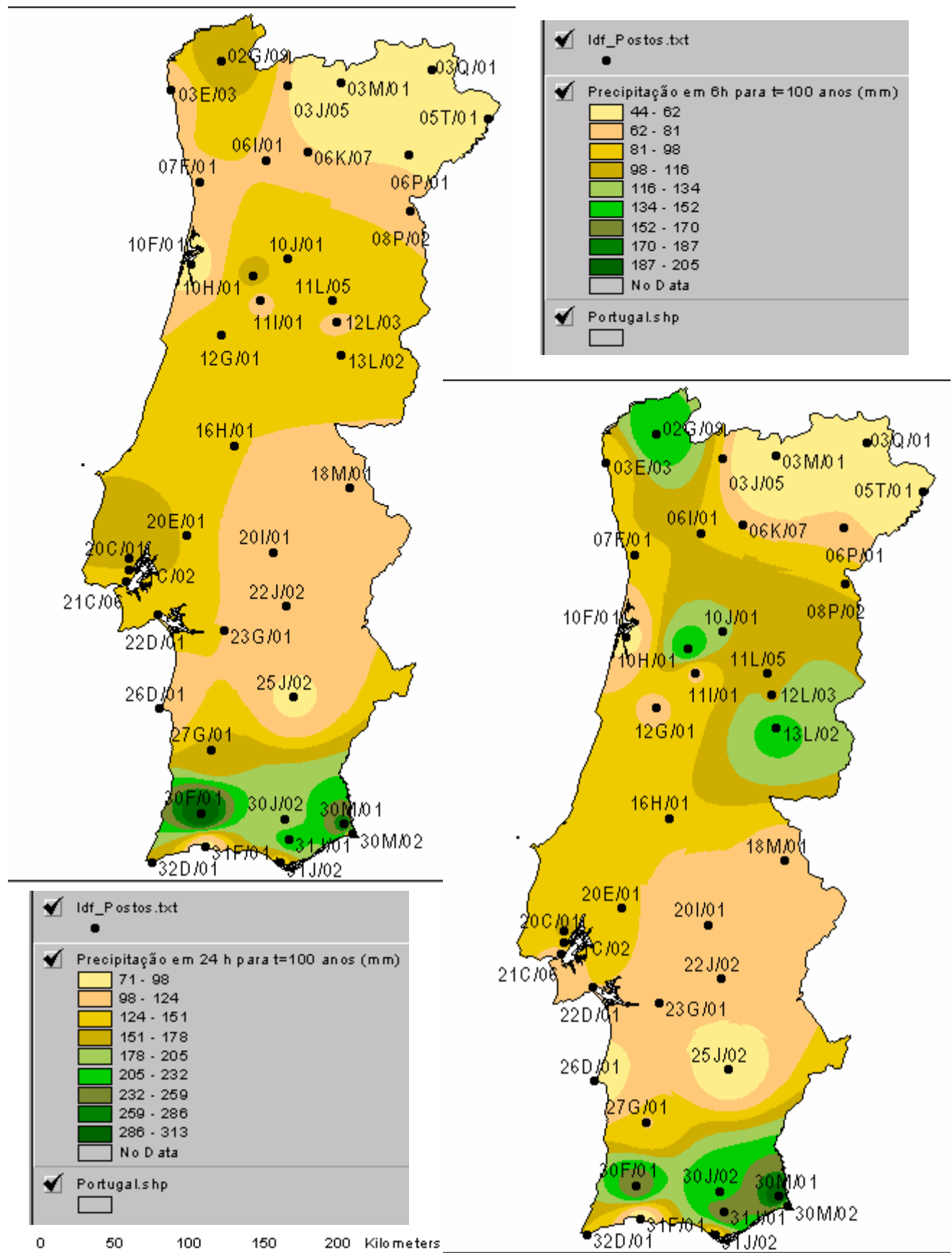


FIGURA 11 – ISOLINHAS DAS PRECIPITAÇÕES ASSOCIADAS AO PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS PARA AS DURAÇÕES DE 6 E 24 H, CONSIDERANDO A SÉRIE UDOGRÁFICA ANALISADA.

Com o objectivo de verificar a qualidade da reconstituição espacial obtida das isolinhas das estimativas de precipitação das curvas IDF para a duração de 24 h (e para o período de retorno de 100 anos), procedeu-se à sobreposição desta superfície pluviométrica com o mapa de isolinhas de precipitação diária (truncada, portanto, já que é fixada dentro de um intervalo estabelecido a partir das 9 horas de um dia) associada ao mesmo período de retorno mas obtido para uma rede udométrica de 448 postos (Figura 12 (a)). O mesmo procedimento foi repetido para uma superfície baseada nos 27 postos udográficos mas onde os valores pontuais de base eram agora as estimativas para 100 anos dos valores diários (truncados).

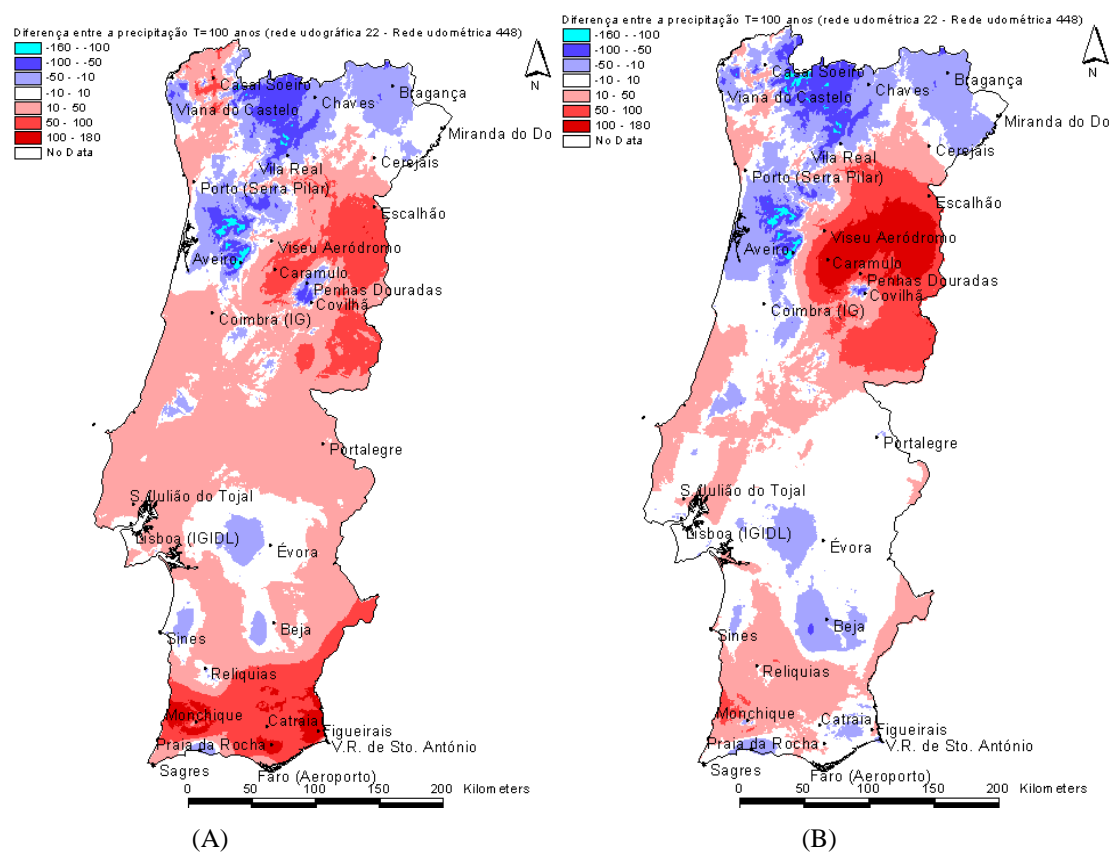


FIGURA 12 – DIFERENÇAS ENTRE AS SUPERFÍCIES DE PRECIPITAÇÃO BASEADAS NAS ESTIMATIVAS EM 24 HORAS (A) E NAS ESTIMATIVAS DIÁRIAS (TRUNCADAS) (B) DOS POSTOS UDOGRÁFICOS E A SUPERFÍCIE DE REFERÊNCIA GERADA A PARTIR DAS ESTIMATIVAS DAS SÉRIES UDOMÉTRICAS DE 449 POSTOS COM MAIS DE 30 ANOS DE REGISTO (ESTIMATIVAS PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS).

Os 448 postos udométricos, abrangem o território continental Português, têm registos superiores a 30 anos, tendo aproximadamente 61% das séries mais de 50 anos (desde o início de funcionamento até 1994/95). As precipitações diárias associadas ao período de

retorno de 100 anos dos 448 postos udométricos foram interpoladas pela técnica de Krigagem utilizando a altitude com deriva externa (NICOLAU, 2000).

5.2 CURVAS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PROVÁVEL

A precipitação máxima provável (PMP) é a maior quantidade de precipitação fisicamente possível de ocorrer para uma dada duração sobre uma região num dado período do ano (CHOW, 1988). As PMP são utilizadas como dados dos modelos hidrológicos para calcular a cheia máxima provável (CMP) que poderá ocorrer numa dada bacia hidrográfica. As CMP poderão ser utilizadas para a verificação do dimensionamento dos descarregadores de cheia das barragens onde a sua falha poderá causar perdas humanas e grandes estragos materiais.

A metodologia utilizada para a determinação das curvas de precipitação máxima provável compreende os seguintes passos (BRANDÃO & RODRIGUES, 1999):

1. Selecção da maior precipitação histórica registada para durações de 5, 10, 15 e 30 min e 1, 2, 6, 12 e 24 h, para dezanove postos udográficos.
2. Determinação da temperatura do ponto de orvalho da maior precipitação histórica registada e seleccionada anteriormente (T_d), para as diferentes durações.
3. Determinação da temperatura máxima teórica do ponto de orvalho (T_d) para cada mês e posto estudado.
4. Determinação da água precipitável considerando uma atmosfera pseudoadiabática saturada entre os níveis 200 mb e 1000 mb, através do monograma do U.S. Bureau of Reclamation e das temperaturas do ponto de orvalho da maior precipitação histórica e da máxima teórica aos 1000 mb de nível de pressão (redução ao nível médio da água do mar).
5. Maximização das maiores precipitações históricas utilizando o factor f

$$f = \frac{W_t}{W_o}$$

em que W_t é a precipitação que poderá ocorrer à máxima temperatura do ponto de orvalho ocorrido no mesmo mês onde ocorreu a precipitação máxima histórica seleccionada e W_o é a água precipitável associada à temperatura do ponto de orvalho da precipitação seleccionada

6. Adaptação das precipitações máximas prováveis associadas à duração uma função do tipo

$$PMP_{(mm)} = a \ln(D_{(mim)}) - b$$

onde a e b são parâmetros obtidos pelo método dos mínimos quadrados (Quadro 5).

7. Determinação, recorrendo ao SIG, das linhas de igual precipitação máxima provável para as durações de 1 e 24 h (Figura 15). As isolinhas de igual precipitação foram obtidas por

interpolação através do método designado por IDW (Inverse Distance Weighting) considerando 9 postos vizinhos e potência de três. O desenho das isolinhas foi efectuado através do Sistema de Informação Geográfica (ArcView).

Procedeu-se à comparação gráfica entre as curvas de precipitação máxima provável dos dezanove postos e a precipitação média das equações envolventes dos recordes mundiais (Figura 14).

Procedeu-se também à comparação entre as precipitações máximas prováveis e as precipitações associadas ao período de retorno de 1000 anos, para as durações compreendidas entre 10 min e 24 h (Figura 13).

Quadro 5 – Parâmetros das curvas PMP.

Posto Udográfico	Parâmetros de $PMP(mm)=a \ln(min)-b$	
	Válidas dos 10 min às 24 h	
Faro-Aeroporto	a	77,383
	b	97,354
Évora-Cemitério	a	51,217
	b	21,490
Lisboa (IGIDL)	a	61,590
	b	98,076
Covilhã	a	104,420
	b	187,390
Penhas Douradas	a	55,888
	b	62,666
Miranda do Douro	a	38,203
	b	3,816
Monchique	a	99,631
	b	178,490
Beja	a	47,447
	b	51,637
Portalegre	a	52,974
	b	21,655
Viana do Castelo	a	31,153
	b	-39,863
Sines	a	32,569
	b	25,059
Relíquias	a	81,815
	b	109,110
S. Julião do Tojal	a	94,021
	b	179,750
Chaves	a	21,484
	b	-6,997
Praia da Rocha	a	30,685
	b	27,522
Casal Soeiro	a	67,494
	b	80,932
Vila Real de Sto António	a	40,688
	b	14,908
Coimbra (válida a partir da hora)	a	68,223
	b	181,98
Aveiro (Universidade)	a	20,396
	b	-10,631

Relação entre PMP e IDF (T=1000 anos)		
Duração (min)	Média	Desvio-padrão
10	2,4	0,59
15	2,5	0,66
30	2,5	0,81
60	2,8	0,71
120	2,8	0,88
360	2,6	0,76
720	2,4	0,56
1440	2,2	0,56
Média	2,5	0,68

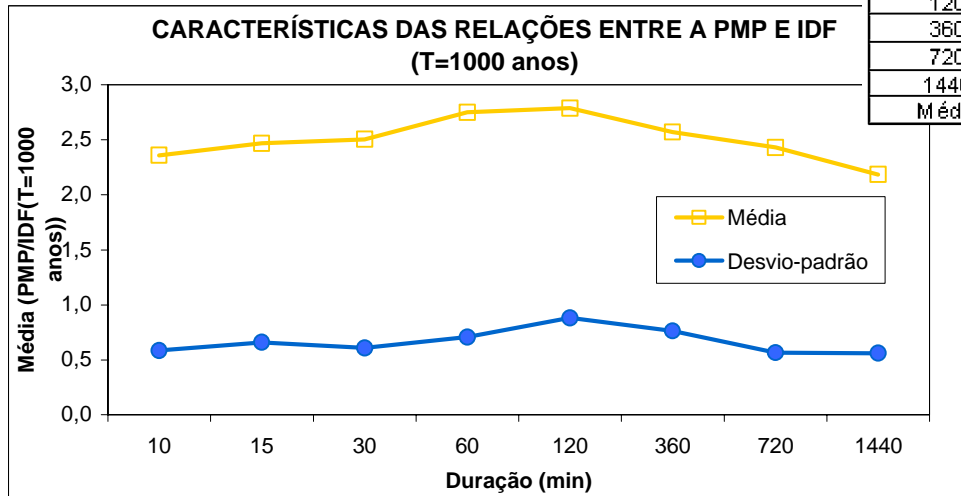


FIGURA 13 – RELAÇÕES ENTRE AS PMP E AS IDF (T=1000 ANOS).

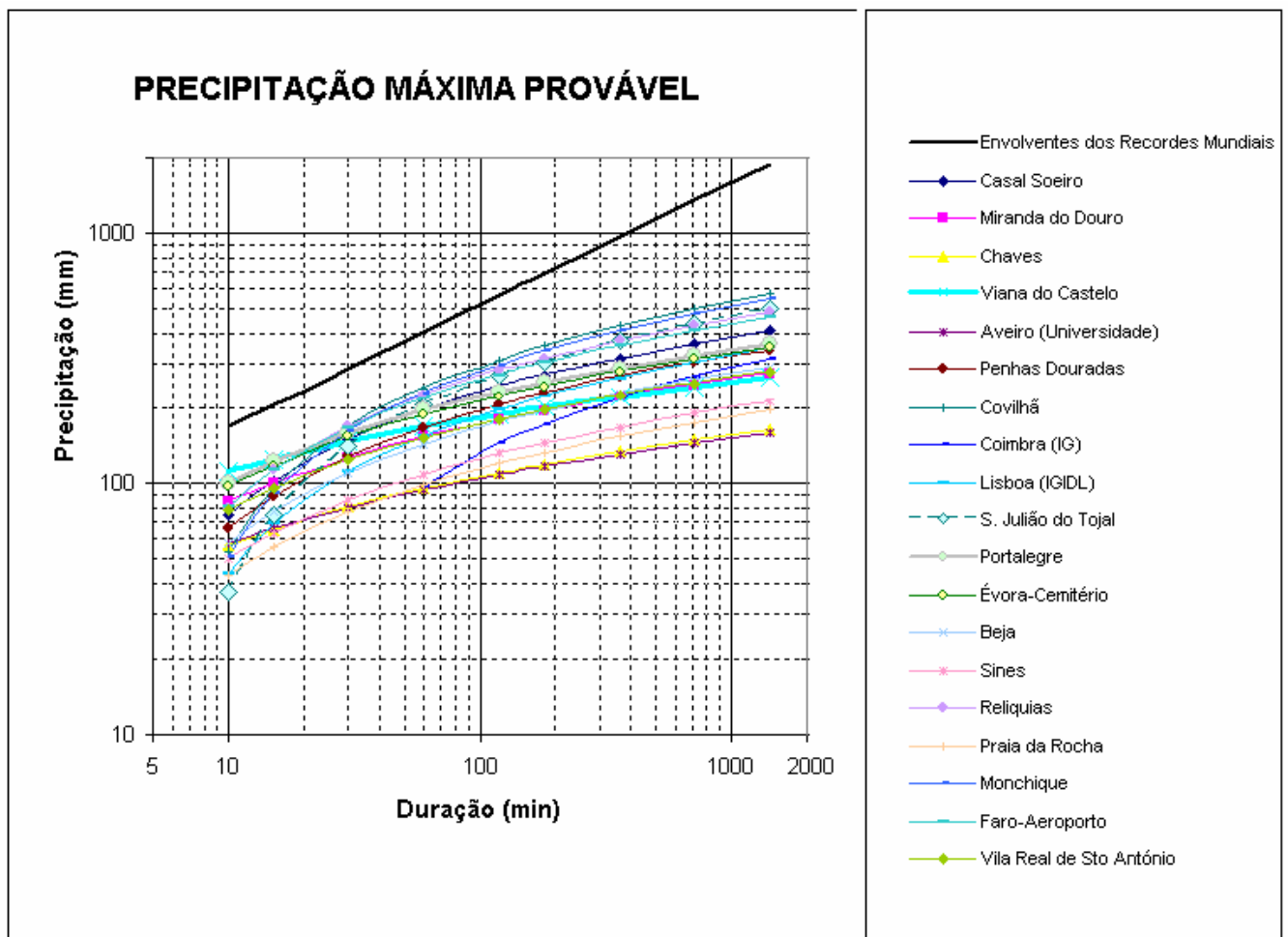


FIGURA 14 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PMP PORTUGUESAS E OS RECORDES MUNDIAIS.

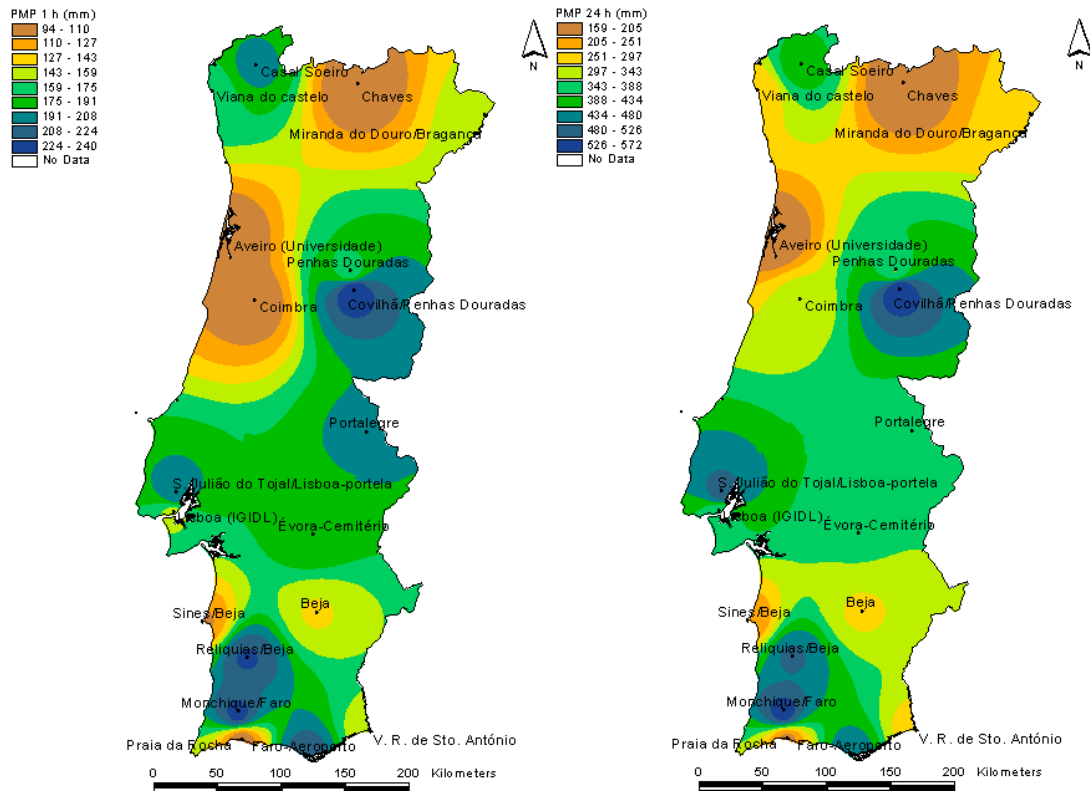


FIGURA 15 – ISOLINHAS DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PROVÁVEIS PARA AS DURAÇÕES DE 1 E 24 H.

5.3 RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES SUB-DIÁRIAS E DIÁRIAS PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO

Com o intuito de caracterizar a variação da relação entre as precipitações intensas de diferentes durações, associadas ao mesmo período de retorno, com a variação do período de retorno calcularam-se as seguintes relações de precipitação, para vinte e oito postos, associadas os períodos de retorno de 2, 10, 50, 100 e 1000 anos:

$$\frac{P_{1T}}{P_{diáriaT}} \quad \frac{P_{6T}}{P_{diáriaT}} \quad \frac{P_{24T}}{P_{diáriaT}}$$

Sendo P1, P6, P24 e Pdiária a precipitação intensa com duração 1, 6 e 24 h e diária, associada ao período de retorno T (anos). Com esta caracterização poder-se-á verificar se a diferença de precipitação entre duas duração se mantém à medida que o período de retorno aumenta.

Com este objectivo utilizando as relações construíram-se três gráficos: Variação entre a relação precipitação horária e diária com o período de retorno, variação entre a relação precipitação de 6 h e diária com o período de retorno e variação entre a relação precipitação de 24 h e diária com o período de retorno (Figura 16).

A precipitação associada a cada período de retorno foi calculada através do ajuste às séries anuais de precipitação máxima para as cinco durações da função de distribuição de probabilidades de extremos tipo I, lei de Gumbel, determinação efectuada durante a cálculo das curvas IDF.

Com esta informação redesenham-se mapas de isolinhas das relações entre a precipitação de 1 h e diária e entre a precipitação das 6 h e diária, associadas aos períodos de retorno de 100 anos (GODINHO,1989) e 1000 anos (BRANDÃO e RODRIGUES, 1998). As isolinhas das relações entre precipitações foram obtidas por interpolação através do método designado por IDW (Inverse Distance Weighting) considerando 9 postos vizinhos e potência de três (Figura 17 e 18). O desenho das isolinhas foi efectuada através do Sistema de Informação Geográfica (ArcView).

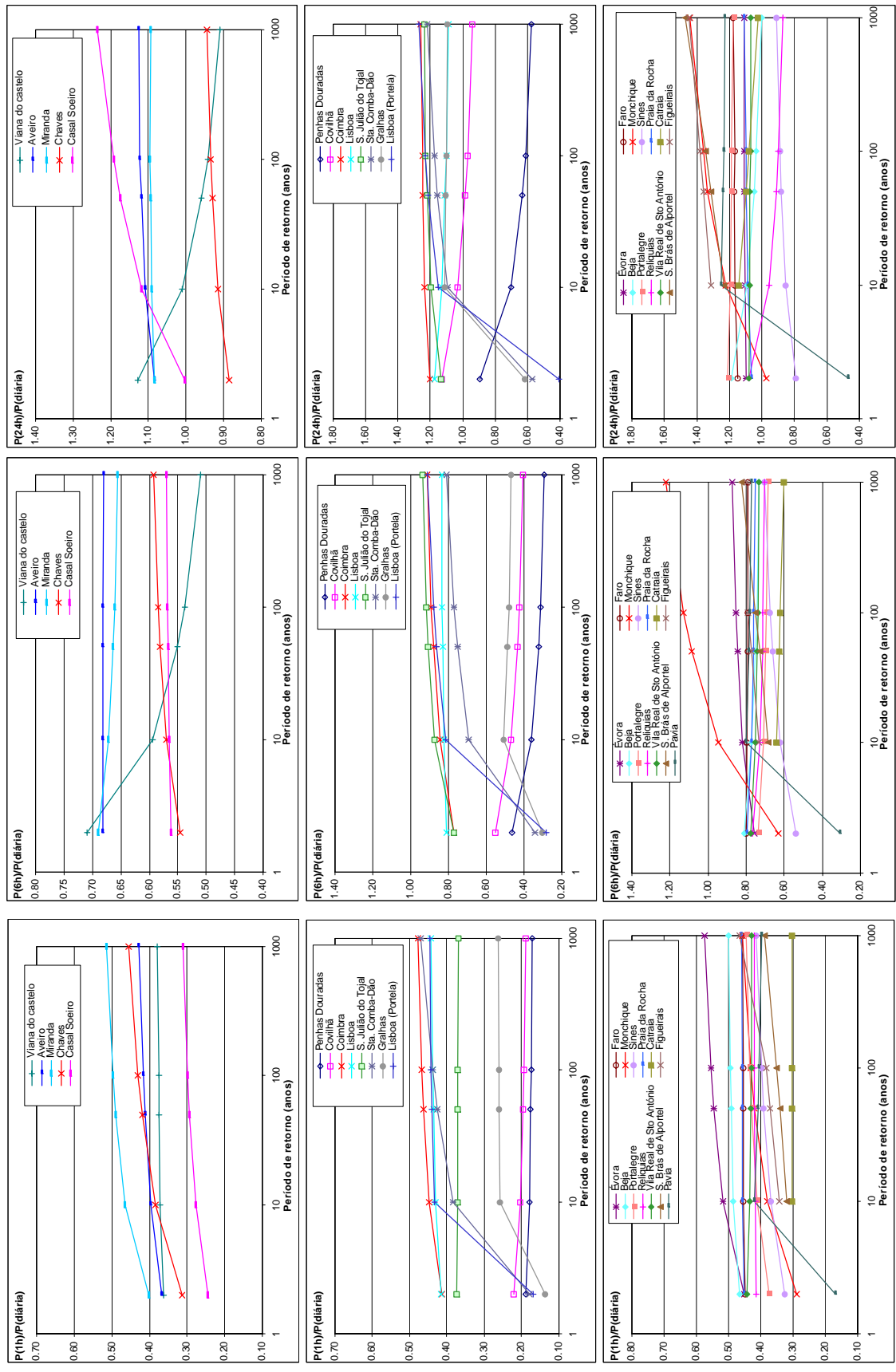


FIGURA 16 – VARIAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES COM DURAÇÕES HORÁRIA, SEIS HORAS E 24 H E A PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, COM O PERÍODO DE RETORNO.

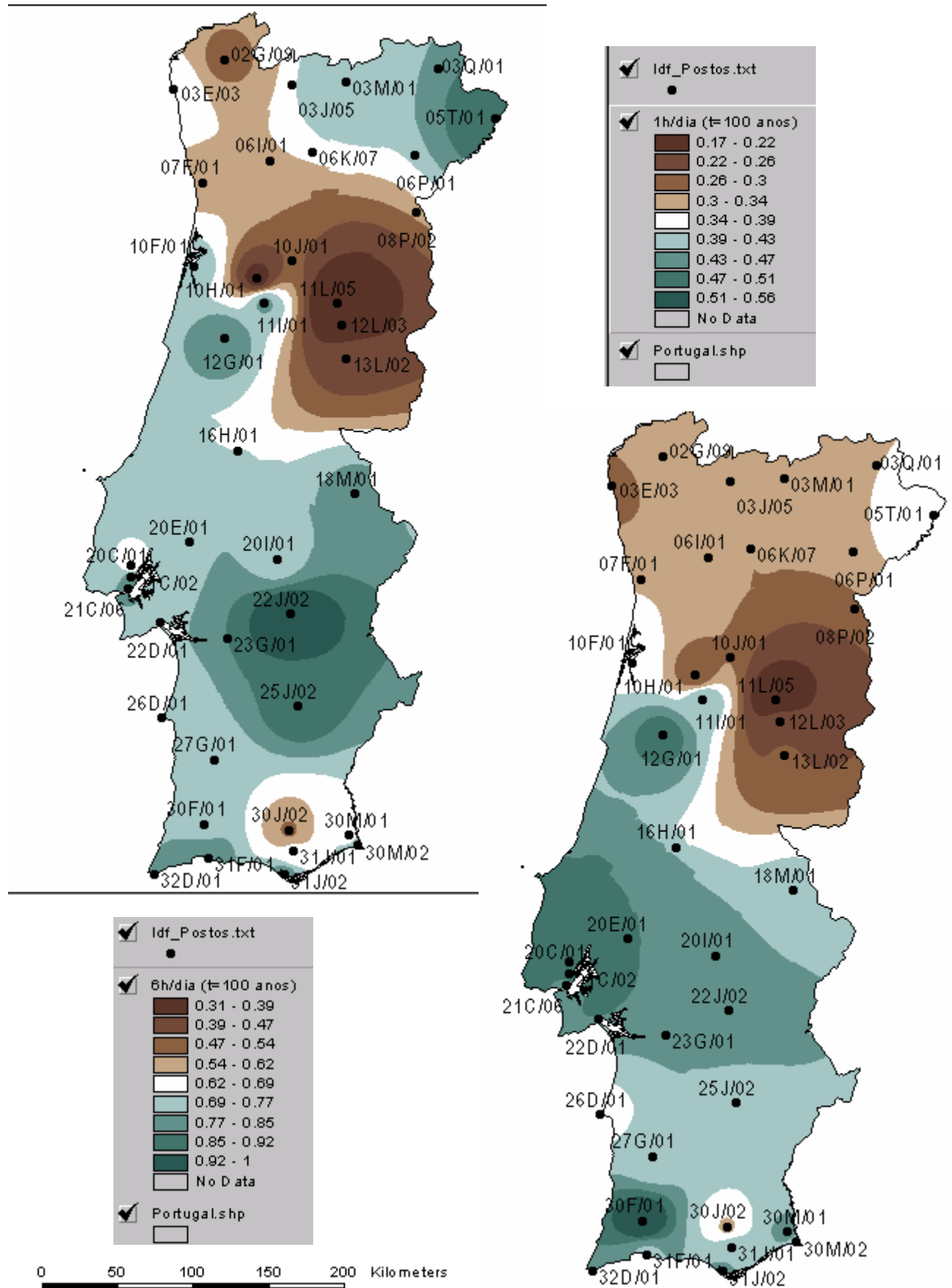


FIGURA 17 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 1 E 6 H COM A DIÁRIA PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.

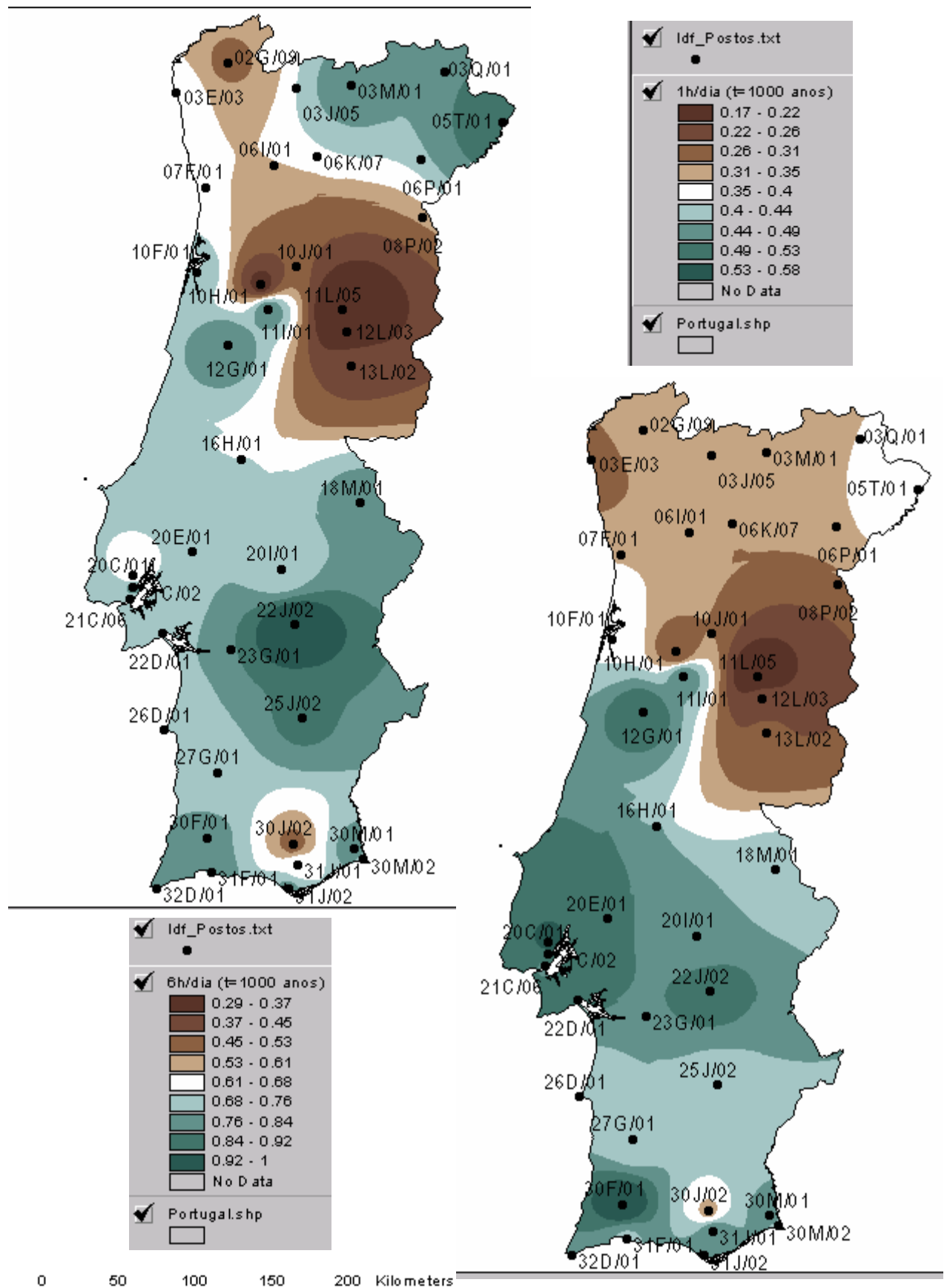


FIGURA 18 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 1 E 6 H COM A DIÁRIA PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 1000 ANOS.

5.4 RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES SUB-HORÁRIA E HORÁRIA PARA VÁRIOS PERÍODOS DE RETORNO

Com o objectivo de caracterizar melhor as precipitações intensas associadas a curtas durações (durações inferiores à hora), essenciais para o estudo em pequenas bacias hidrográficas ou em bacias hidrográficas do tipo urbano, determinaram-se as relações entre a precipitação ocorrida em durações sub-horárias e a precipitação horária.

A metodologia aplicada para obter as relações entre a precipitação ocorrida em durações sub-horárias e a precipitação horária segue os seguintes passos:

1. Determinação das séries anuais de precipitação máxima com duração de 5, 10, 15 e 30 min e 1 h, registada em vinte e três postos udográficos.
2. Determinação das relações anuais entre a precipitação máxima com duração de 5, 10, 15 e 30 min e a precipitação horária, obtendo-se, assim, para os cada postos udográfico quatro séries de relações.
3. Determinação para as quatro séries de relações, referentes a cada posto udográfico, a relação associada a três probabilidade de não excedência, 5%, 50%, 95% e média, que correspondem respectivamente ao período de retorno de 1, 2 e 20 anos, (Figura 19) através da função de distribuição de probabilidades do tipo empírica de posição segundo Weibull ($P=n/(1+N)$, sendo N o número de anos observados e n a posição do relação após ordenação crescente das relações).
4. Determinação das relações médias, considerando os vinte e três postos udográficos, para as quatro séries de relações e comparar os resultados obtidos com as relações preconizadas no Guia de Práticas Hidrológicas da OMM (Quadro 6).
5. Determinação, recorrendo ao SIG, das isolinhas das relações entre precipitações com as seguintes durações 5min/1h, 10min/1h, 15min/1h e 30min/1h para a probabilidade de não excedência de 50% (Figura 20 e 21). As isolinhas das relações de precipitação foram obtidas por interpolação através do método designado por IDW (Inverse Distance Weighting) considerando 9 postos vizinhos e potência de três. O desenho das isolinhas foi efectuado através do Sistema de Informação Geográfica (ArcView).

Quadro 6 – Comparação das relações médias sub-horárias portuguesas e mundiais.

Relações	5min/1h	10min/1h	15min/1h	30min/1h
Mundiais	0.29	0.45	0.57	0.79
Nacional, INMG (1984)		0.47		0.79
Nacional, INAG (2001)	0.35	0.49	0.59	0.78

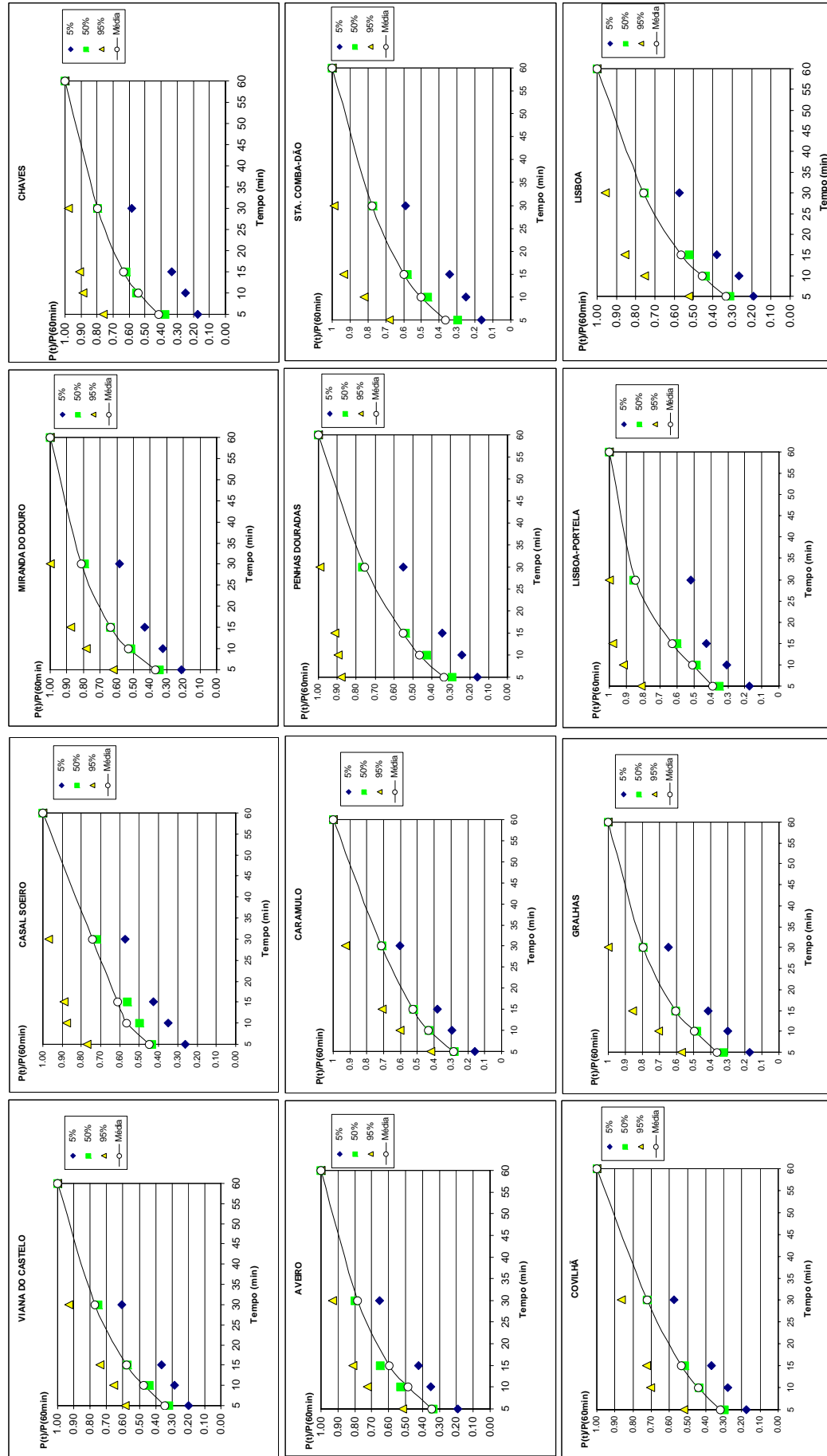


FIGURA 19 – RELAÇÕES DE PRECIPITAÇÕES SUB-HORÁRIAS PARA VINTE E TRÊS POSTOS UDOGRÁFICOS .

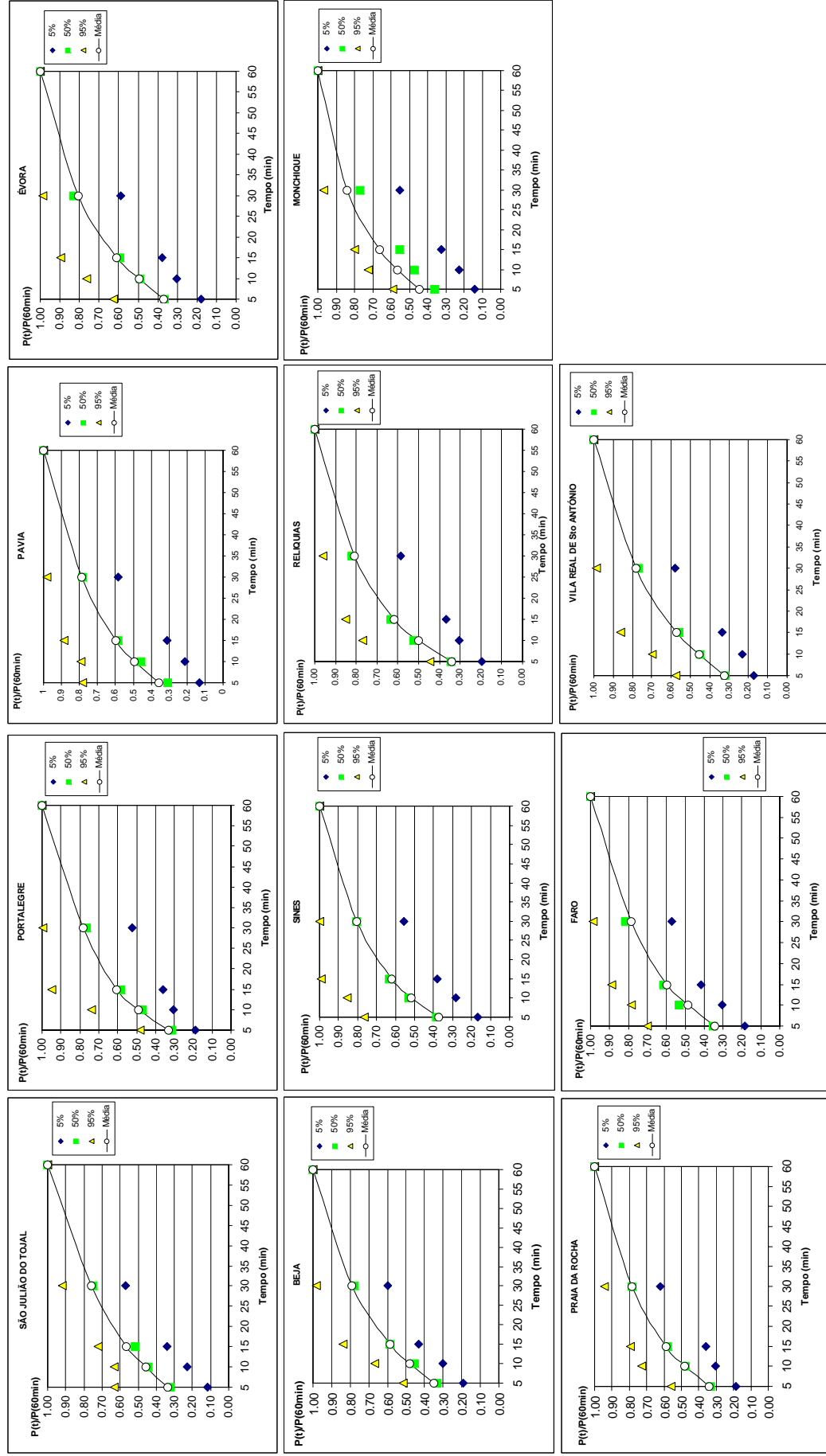


FIGURA 19 – RELAÇÕES DE PRECIPITAÇÕES SUB-HORÁRIAS PARA VINTE E TRÊS POSTOS UDOGRÁFICOS (CONT.).

Na Figura 19 apresentam-se os quocientes entre as precipitações máximas com durações sub-horárias e horária dos vinte e três postos udográficos. Verificou-se existir uma amplitude média das razões entre as precipitações em 5, 10, 15 ou 30 min e a horária, entre a probabilidade de não excedência entre 95% e 5%, de 0,45, 0,48, 0,48 e 0,38, respectivamente.

Continuando a análise da Figura 19 detecta-se a maior uniformidade dos rácios sub-horários, bem como a menor dispersão dos valores extremos (95 e 5% de probabilidade de não-excedência) e menor assimetria dessa dispersão, no posto da Covilhã que é caracterizado como estando escudado ao avanço dos ventos húmidos, pela maior cadeia montanhosa portuguesa e posicionado já significativamente afastado da fonte de NO de humidade que é o oceano. No posto de Caramulo também se verificou, à semelhança da Covilhã, pouca dispersão e assimetria dos valores extremos (95 e 5% de probabilidade de não-excedência).

Os postos “costeiros expostos a ventos dominantes de NO” como Viana do Castelo, Aveiro e S. Julião do Tojal, apresentam pequenas dispersões, sendo que, neles, o rácio de 95% para os 30 minutos anda em torno dos 0,90, enquanto os postos “costeiros expostos a SO e S”, Lisboa Sines Vila Real de Santo António e Faro apresentam um rácio próximo de 1,0. Este mesmo valor nos postos do interior, como Chaves, Miranda do Douro, Évora, Beja, Portalegre, Casal Soeiro, Sta Comba-Dão, Gralhas e Pavia são quase unitários.

É de realçar a equivalência de rácios de 5 % e 50% de probabilidade de não excedência existente entre Penhas Douradas e Monchique (locais onde se registam valores próximos dos recordes nacionais de precipitação) para as duração de 15 e 30 minutos. Quando se considera os rácios para a probabilidade de não excedência de 95 % estes têm diferenças de 12 e 2 % para as durações de 15 e 30 min, respectivamente.

O rácio médio de 5 min é o maior em Casal Soeiro (0,44) e menor em Penhas Douradas e Caramulo (0,29 e 0,28 respectivamente) tendo um valor médio de 0,34.

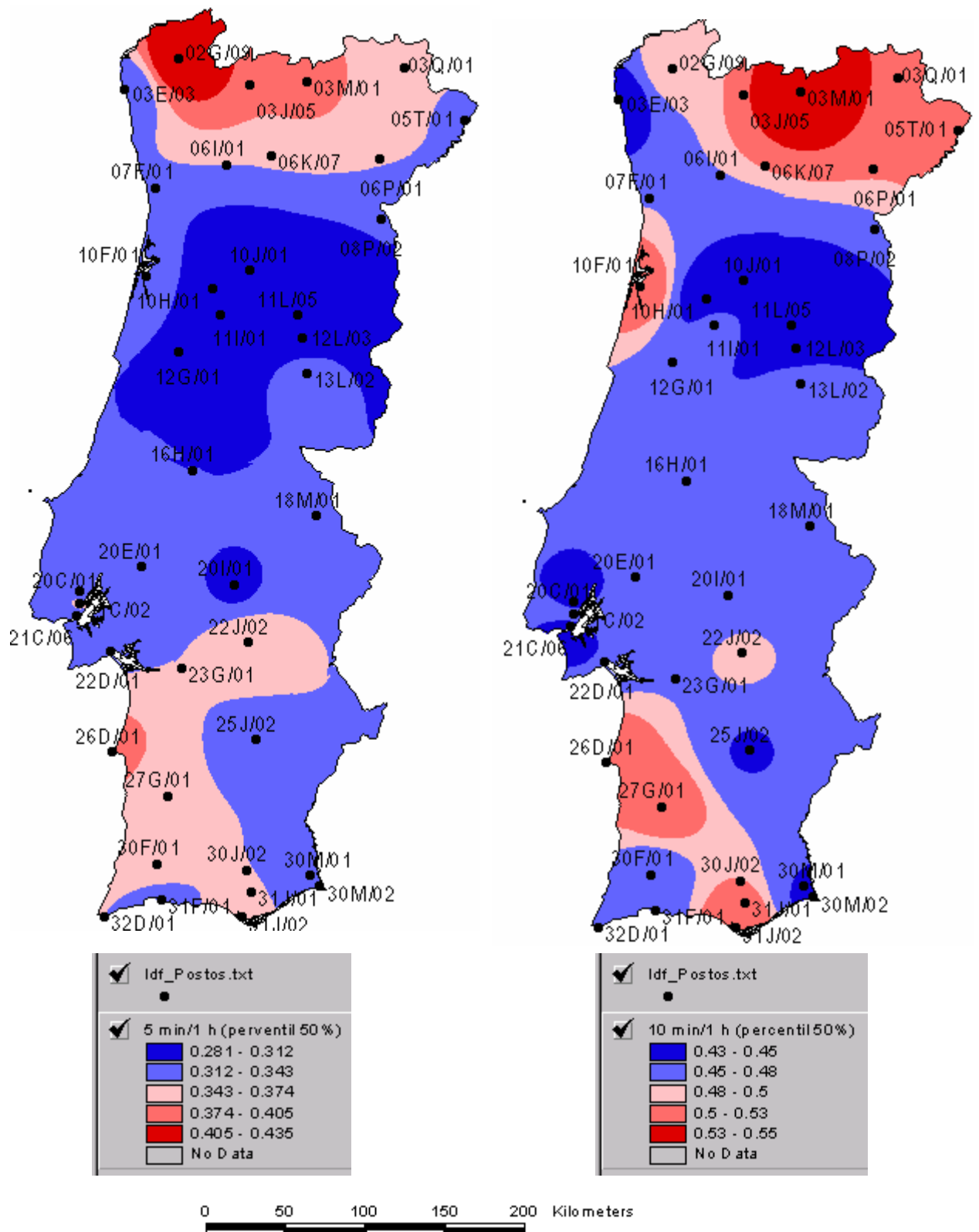


FIGURA 20 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ASSOCIADAS AO PERCENTIL 50% ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 5 E 10 MIN E A HORA.

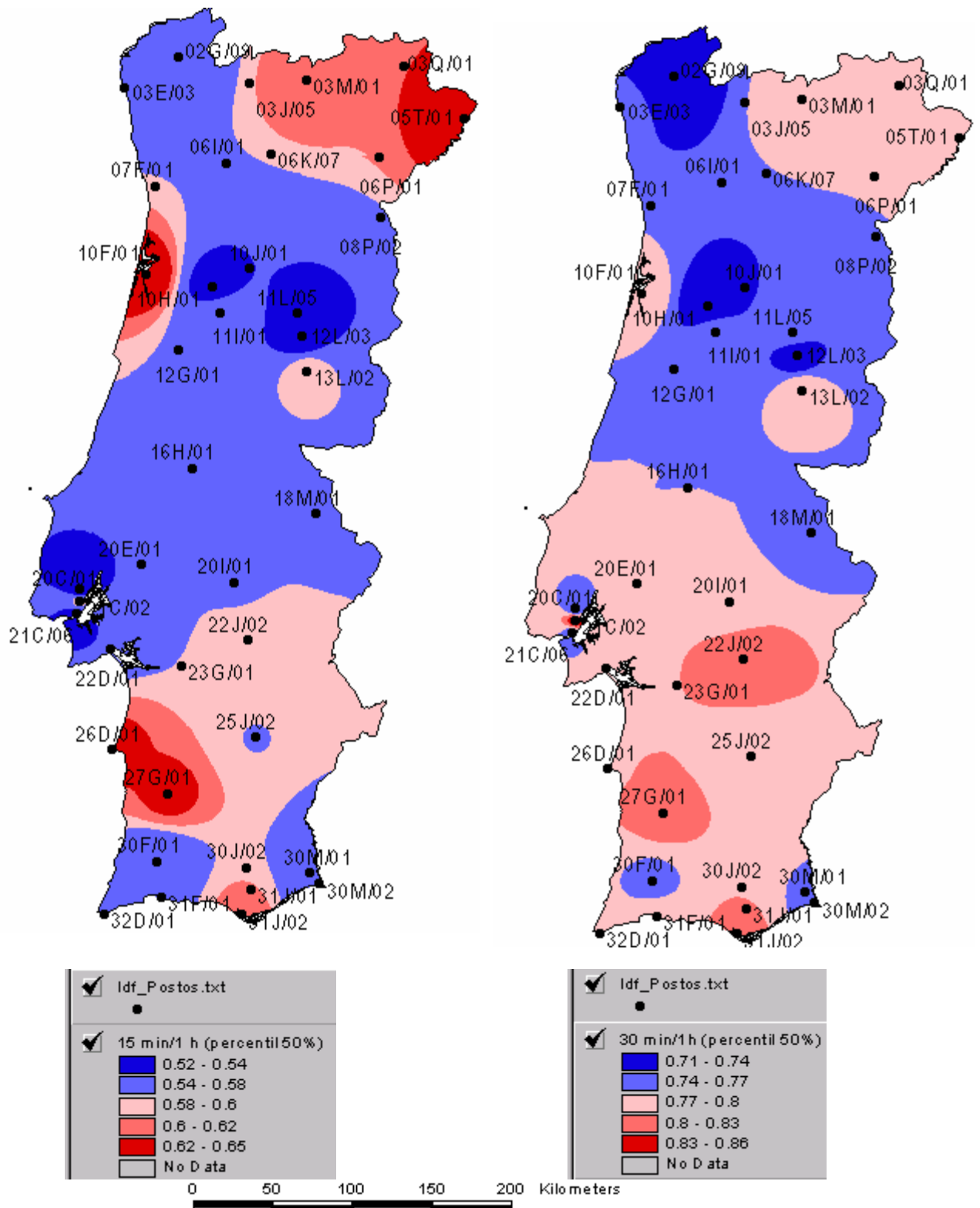


FIGURA 21 – ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ASSOCIADAS AO PERCENTIL 50% ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 15 E 30 MIN E A HORA.

5.5 RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ANUAL MÁXIMA DE 24 h E A DIÁRIA

Com o objectivo de munir os hidrólogos de informação necessária para obter a precipitação anual máxima de 24 h a partir da precipitação diária determinaram-se as relações médias entre precipitação anual máxima em 24 h e a precipitação anual máxima diária, precipitação anual máxima ocorrida entre as nove horas de um dia e as nove horas do dia seguinte.

A metodologia aplicada para obter as relações entre a precipitação em 24 h e a precipitação diária segue os seguintes passos:

1. Determinação da precipitação anual máxima ocorrida em 24 h, registada em vinte e quatro postos udográficos, efectuada, de forma automática, através de programa desenvolvido para o efeito.
2. Selecção da precipitação anual máxima diária (registo do udómetro).
3. Determinação para cada ano da relação entre a precipitação obtida no ponto 1 e no ponto 2.
4. Determinação da relação média obtida pela médias das relações anuais obtidas no ponto 3.
5. Determinação, recorrendo ao SIG, das isolinhas das relações média. As isolinhas das relações entre precipitações foram obtidas por interpolação através do método designado por IDW (Inverse Distance Weighting) considerando 9 postos vizinhos e potência de três (Figura 22). O desenho das isolinhas foi efectuado através do Sistema de Informação Geográfica (ArcView).

Com o mapa destas relações será possível estimar para Portugal Continental as precipitações anuais máximas em 24 h a partir da informação proveniente de postos sem registo contínuo, postos equipados com udómetros e que, por isso, só registam a precipitação diária.

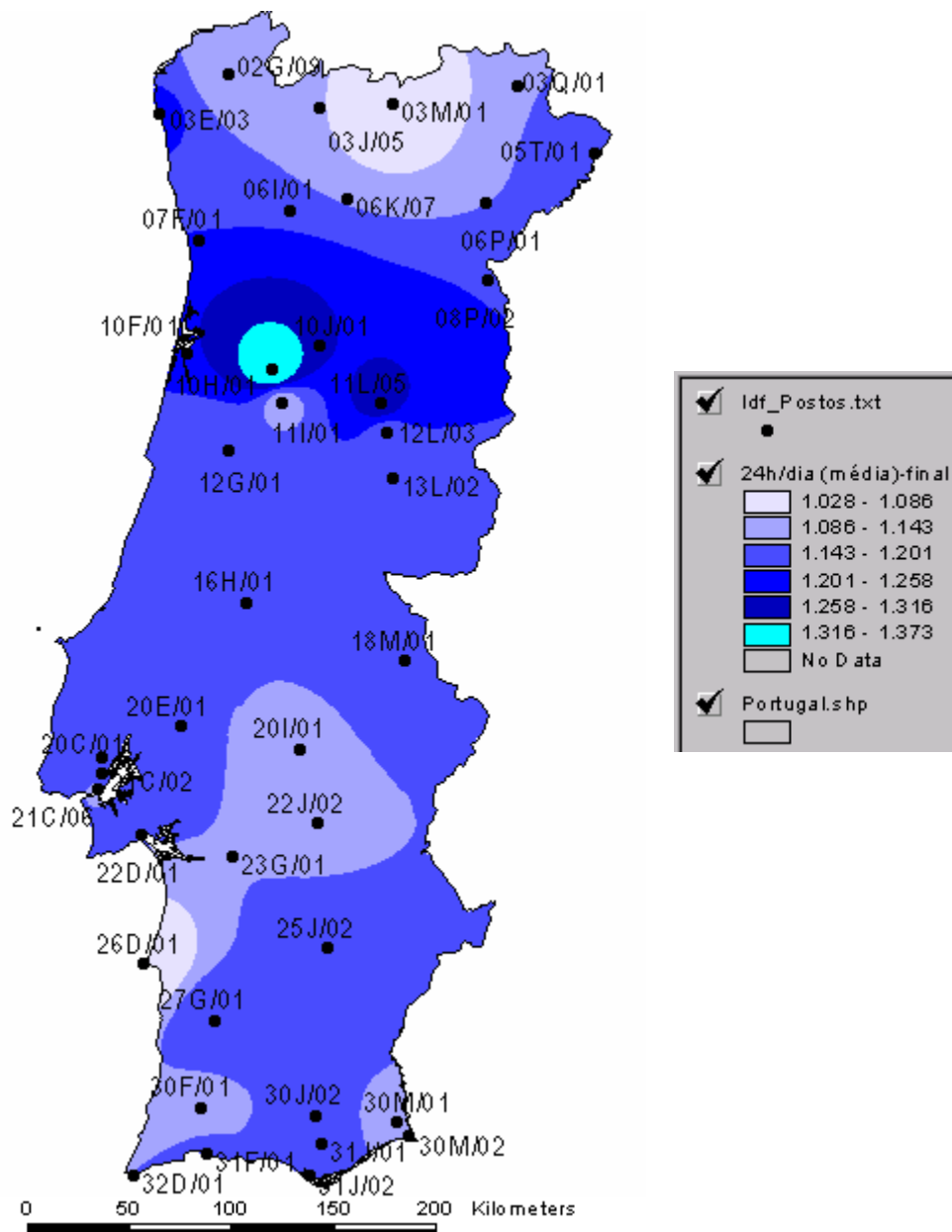


FIGURA 22 – ISOLINHAS DA RELAÇÃO MÉDIA ENTRE A PRECIPITAÇÃO DE 24 H E A DIÁRIA.

5.6 CURVAS PRECIPITAÇÃO-ÁREA-DURAÇÃO (PAD)

As curvas PAD, curvas precipitação-área-duração, fornecem a precipitação ponderada numa dada área conhecendo o valor da precipitação no epicentro (local onde se registou maior precipitação) para diferentes durações.

Foram determinadas dois tipos de curvas PAD, para a duração diária, associadas a regiões morfológicamente e climatologicamente distintas: zona costeira, plana e urbana (Lisboa) e zona interior, montanhosa e natural (Serra da Estrela). A zona costeira estudada caracteriza-se por ter fundamentalmente precipitações intensas com origem em sistemas frontais

enquanto a zona montanhosa estudada o fenómeno das precipitações intensas tem, geralmente, origem orográfica e frontal.

A metodologia aplicada para obter as PAD segue os seguintes passos:

1. Determinação da série data e precipitação anual máxima para a duração diária dos postos udográficos de Lisboa (IGIDL), S. Julião do Tojal, Covilhã e Penhas Douradas.
2. Selecção a partir das datas de registos das precipitações anuais máximas de Lisboa (IGIDL), S. Julião do Tojal, Covilhã e Penhas Douradas as precipitações registadas nos postos udométricos vizinhos, num raio de aproximadamente 15 km.
3. Determinação da precipitação ponderada sobre áreas concêntricas ao epicentro até se atingir uma área correspondente á área com raio igual a 15 km. A determinação da precipitação ponderada sobre a área recorreu às precipitações registadas nas datas anteriormente seleccionadas nos postos udométricos vizinhos localizados na área em estudo e ao SIG.
4. Determinação, recorrendo ao SIG, das isolinhas de precipitação que possibilitam o cálculo da precipitação ponderada sobre as áreas concêntricas ao epicentro (25, 50, 201, 452 e 755 km²). As isolinhas de precipitação foram obtidas por interpolação através do método designado por IDW (Inverse Distance Weighting) considerando 9 postos vizinhos e potência de três. O desenho das isolinhas foi efectuado através do Sistema de Informação Geográfica (ArcView).
5. Determinação da relação entre a precipitação ponderada na área concêntrica e a precipitação ocorrida no epicentro.
6. Ordenação por ordem crescente, para cada área concêntrica, das relações anuais determinadas em 4.
7. Utilização da função de distribuição de probabilidades de posição segundo Weibull por forma a associar a cada série de relações, uma por cada área concêntrica, uma probabilidade de não excedência.
8. Selecção para cada área concêntrica da relação associada à probabilidade de não excedência de 50%.
9. Representação gráfica das relações 50 % em função das áreas concêntricas. Esta representação permitiu seleccionar a expressão matemática que melhor se ajusta à variação da precipitação ponderada sobre uma área. Verificou-se ser a função potencial e a exponencial potencial aquelas que melhor se ajustam a zonas planas e a zonas montanhosas, respectivamente (Figura 23).

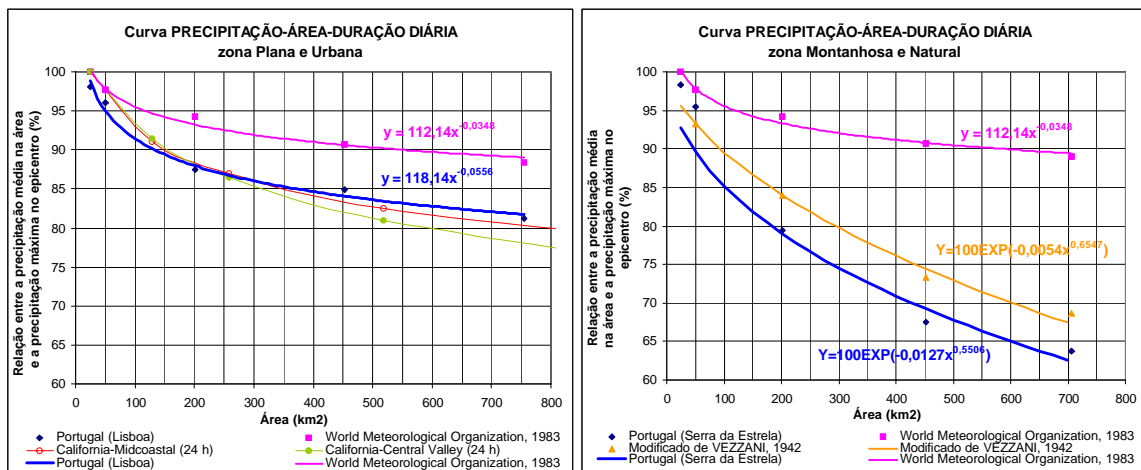


FIGURA 23 – CURVAS PRECIPITAÇÃO-ÁREA-DURAÇÃO DIÁRIA PARA ZONA PLANA E MONTANHOSA.

5.7 HIETOGRAMAS DE PROJECTO

Os hietogramas de projecto indicam como a precipitação de um dado acontecimento pluvioso intenso poderá estar distribuída ao longo do tempo. Este aspecto afigura-se de extrema importância visto influenciar significativamente na forma e na magnitude do hidrograma de cheia. Um acontecimento pluvioso intenso com a precipitação concentrada no seu final originará um caudal superior ao provocado por uma chuvada, com a mesma precipitação total, mas cujo seu máximo se concentra no início do acontecimento. Este fenómeno está associado ao momento a partir do qual estão satisfeitas as perdas. Assim, se o máximo de precipitação ocorrer no final do acontecimento esta precipitação será igual à precipitação útil, precipitação responsável pelo escoamento directo, uma vez que as perdas iniciais já foram satisfeitas, ao contrário, se o máximo de precipitação ocorrer no início do acontecimento só uma parte desta precipitação será a útil e a restante irá satisfazer as perdas iniciais e, como tal, irá provocar um caudal menor magnitude quando comparado com a primeira situação.

Para a obtenção dos hietogramas de projecto aplicou-se a metodologia proposta por HUFF (1967), a três postos (Lisboa, Évora e Faro), e que se poderá resumir do seguinte modo:

1. Elaboração do inventário, lista descritiva das chuvadas dos registos digitalizados. Este inventário refere a data e hora de início, precipitação, intensidade e duração total dos eventos pluviométricos. Entendeu-se por duração do acontecimento pluviométrico o período de tempo com precipitação, eventualmente descontínuo, precedido e seguido de pelo menos 6 h de ausência de precipitação. Admite-se que o intervalo de 6 h assegure a existência de acontecimentos independentes. Através dum programa informático, desenvolvido para o efeito (BRANDÃO, 1995), elaboraram-se automaticamente inventários mensais dos acontecimentos pluviométricos.
2. Selecção, a partir do inventário, dos acontecimentos pluviométricos intensos: acontecimentos com precipitação total mínima de 25,4 mm (uma polegada).

- Determinação, por interpolação linear, da precipitação acumulada percentual para 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 % da duração total do acontecimento pluviométrico. Este cálculo foi efectuado para os acontecimentos pluviométricos intensos seleccionados, recorrendo ao programa DTP.
- Subdivisão dos acontecimentos pluviométricos intensos em quatro subgrupos. Esta subdivisão foi efectuada de acordo com a localização da precipitação máxima em cada um dos quatro intervalos de tempos iguais em que se pode dividir a duração total de cada acontecimento pluviométrico. Assim, se o máximo da precipitação em cada um dos intervalos estiver no 1º intervalo diz-se que o acontecimento pertence ao 1º quartil, se o máximo estiver no 2º, 3º ou 4º intervalo o acontecimento pluviométrico pertence respectivamente ao 2º, 3º e 4º quartil. Se o máximo ocorrer em dois ou mais intervalos, o acontecimento pluviométrico vai pertencer ao quartil onde primeiro se verifica o máximo de precipitação. Estes procedimentos também foram executados pelo programa DTP.
- Determinação e representação gráfica das curvas DTP para os quatro quartis. As curvas de distribuição temporal de precipitação (DTP) são expressas em percentagem da duração e precipitação total, para probabilidades de ocorrência e 10 %, 50 % e 90%, com um passo de 10 %. Para a determinação da probabilidade de ocorrência, recorreu-se à distribuição empírica de Weibull (Figura 24, 25 e 26).
- Determinação da frequência de ocorrência dos quartis para cada posto udográfico (Figura 27).
- Comparação das curvas DTP associadas às probabilidades de ocorrência de 10%, 50% e 90% com as propostas por HUFF (1967) para as mesmas probabilidades (Figuras 28, 29 e 30).

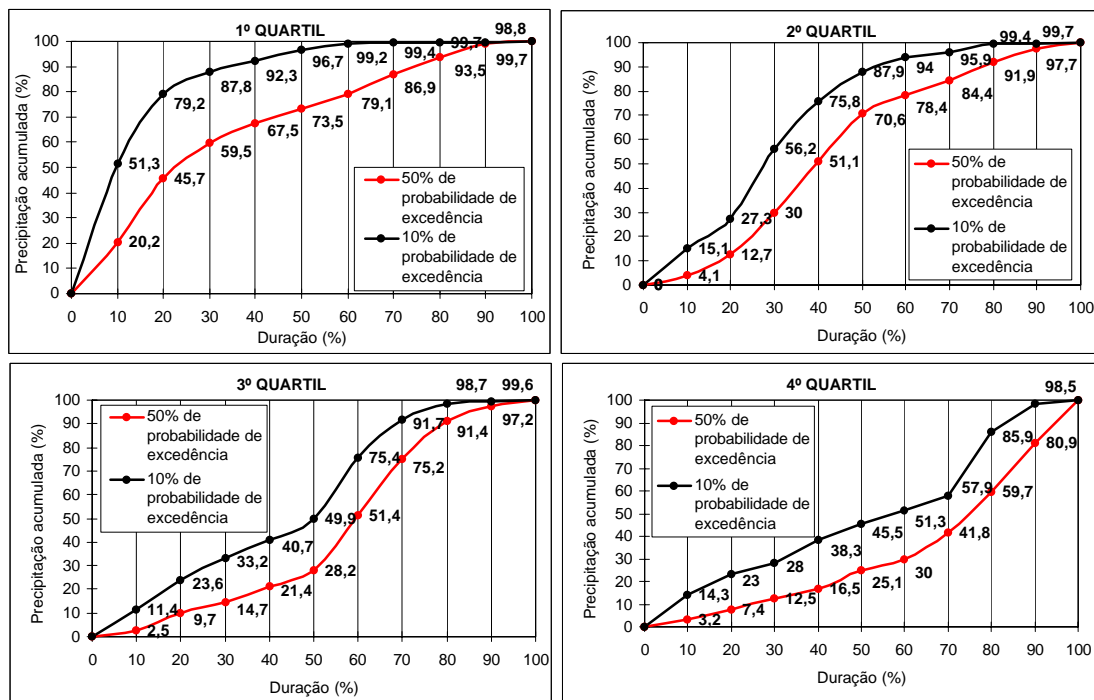


FIGURA 24 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA ÉVORA-CEMITÉRIO PARA DOIS PERÍODOS DE RETORNO.

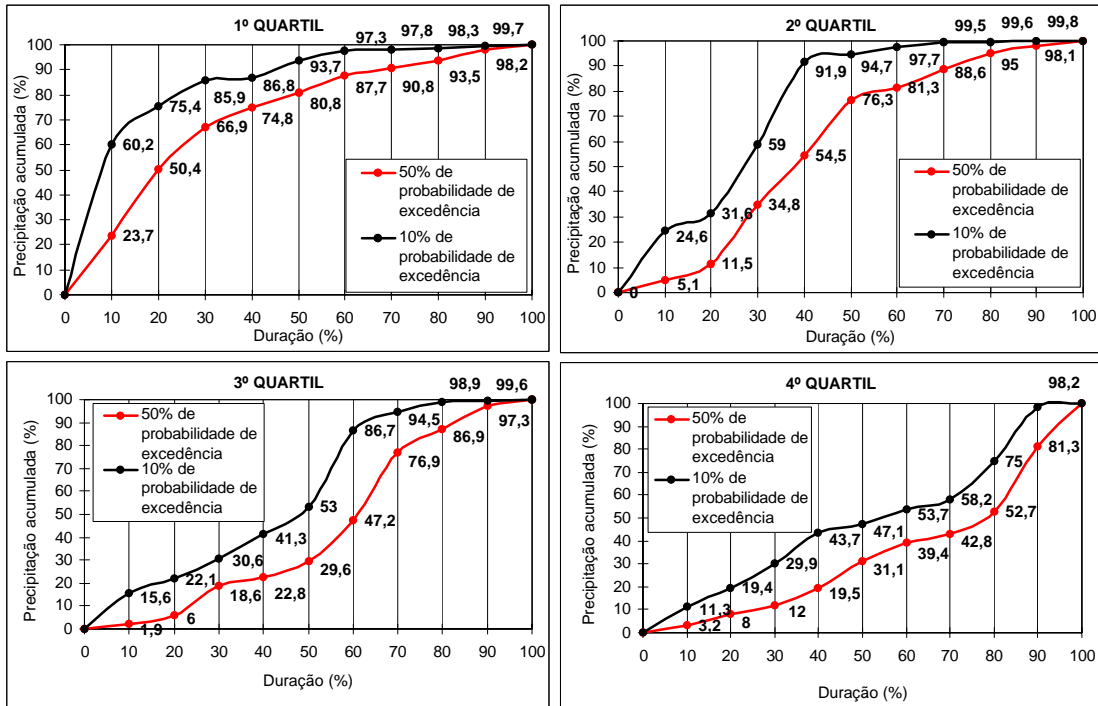


FIGURA 25 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA FARO-AEROPORTO PARA DOIS PERÍODOS DE RETORNO.

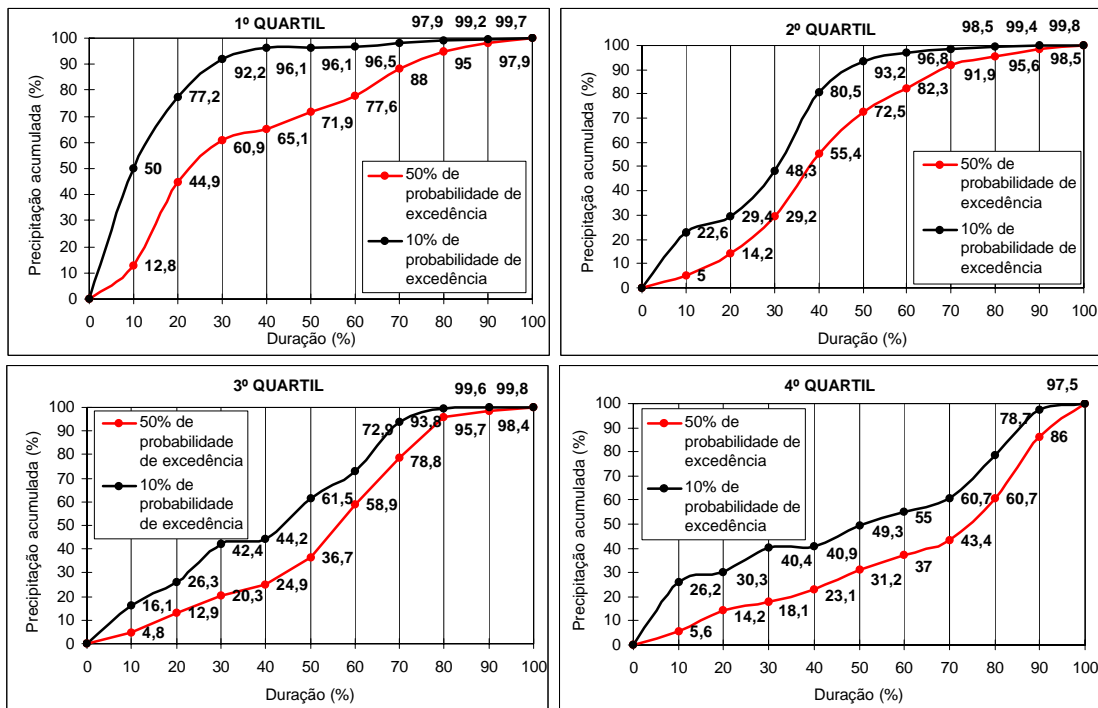


FIGURA 26 – HIETOGRAMAS DE PROJECTO PARA LISBOA (IGDL) PARA DOIS PERÍODOS DE RETORNO.

QUARTIL	Postos Udoográficos	Frequência Relativa (%)
1º Quartil	Lisboa (IGIDL)	31,1
	Évora-Cemitério	30,4
	Faro-Aeroporto	26,7
2º Quartil	Lisboa (IGIDL)	28
	Évora-Cemitério	27,2
	Faro-Aeroporto	23
3º Quartil	Lisboa (IGIDL)	19,7
	Évora-Cemitério	25
	Faro-Aeroporto	24,4
4º Quartil	Lisboa (IGIDL)	21,2
	Évora-Cemitério	17,4
	Faro-Aeroporto	25,9

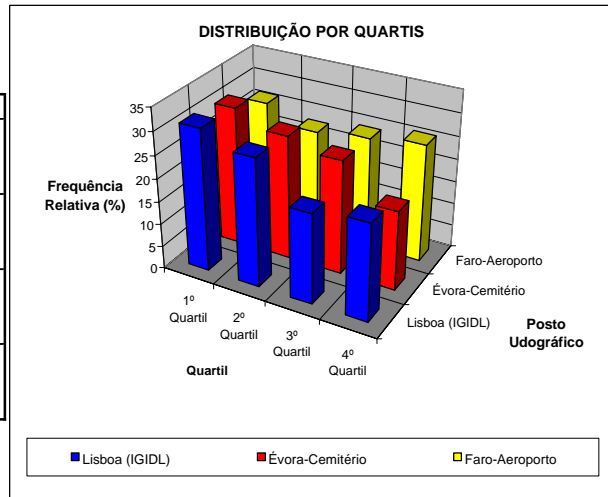


FIGURA 27 – FREQUÊNCIA DOS QUARTIS PARA OS POSTOS DE LISBOA, ÉVORA E FARO.

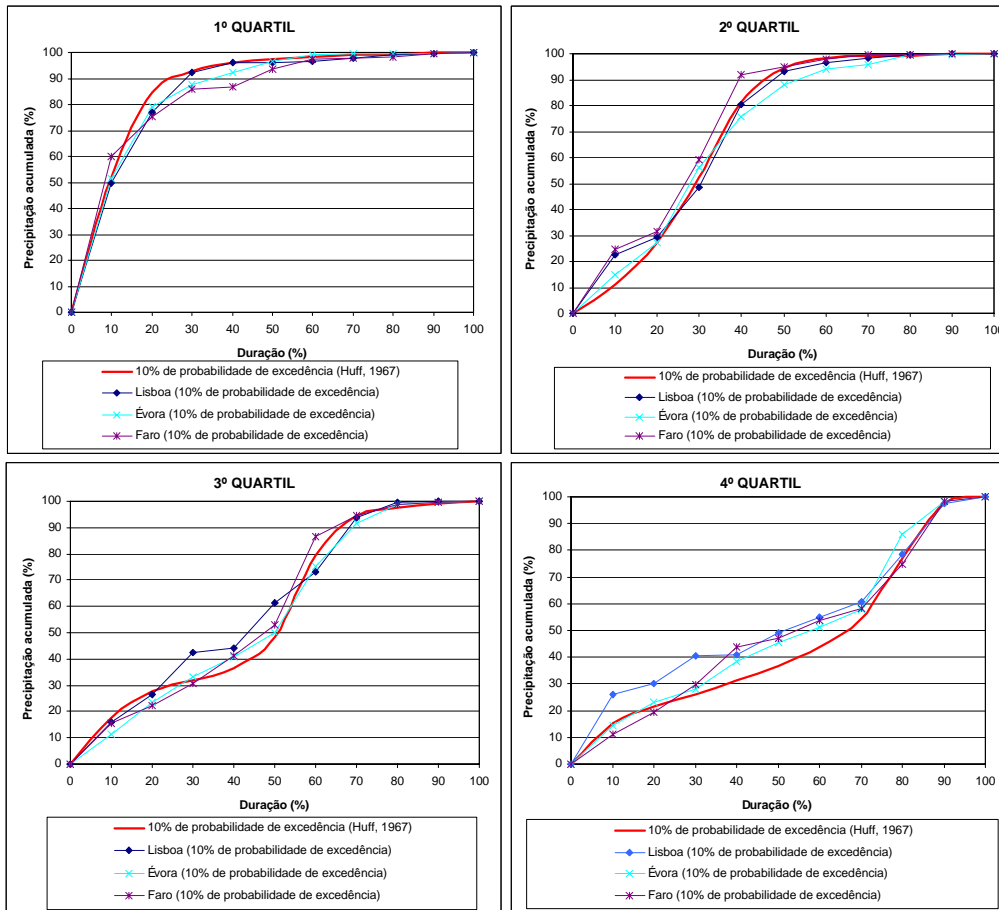


FIGURA 28 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS PROPOSTAS POR HUFF (1967) E AS CURVAS OBTIDAS PARA LISBOA, ÉVORA E FARO PARA A PROBABILIDADE DE 10%, NOS QUARTO QUARTIS.

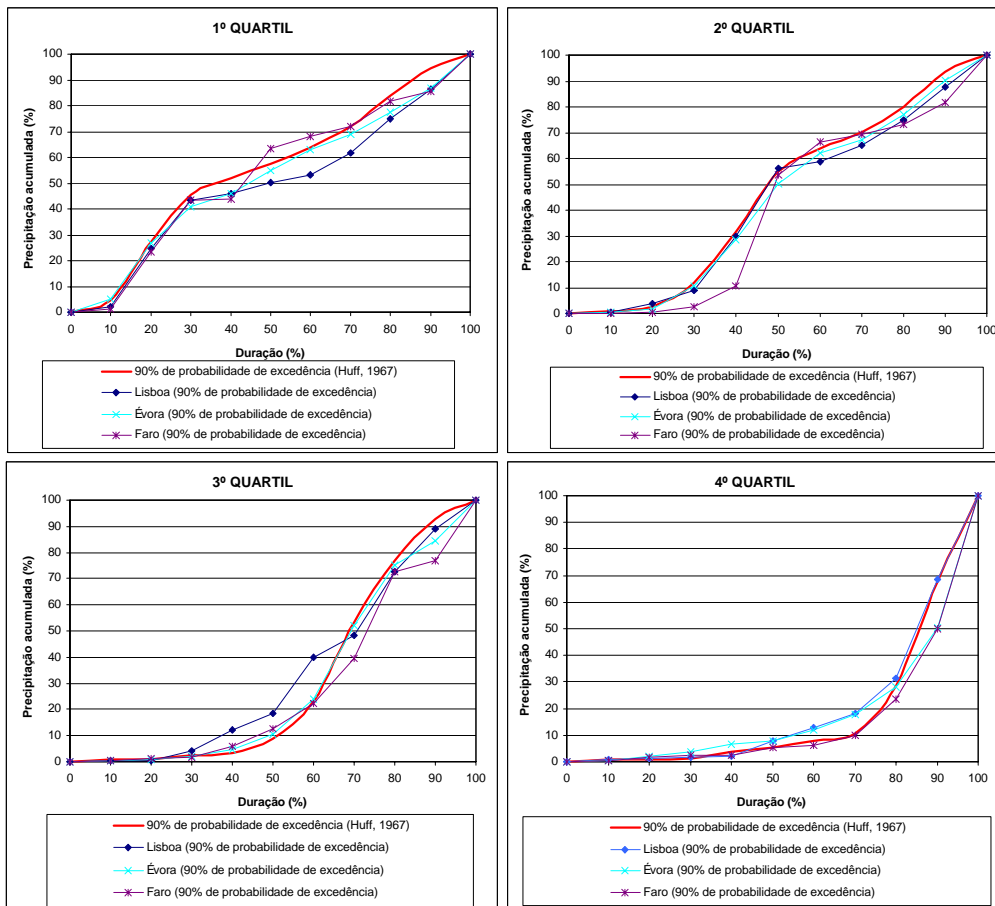


FIGURA 29 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS PROPOSTAS POR HUFF (1967) E AS CURVAS OBTIDAS PARA LISBOA, ÉVORA E FARO PARA A PROBABILIDADE DE 90%, NOS QUARTO QUARTIS.

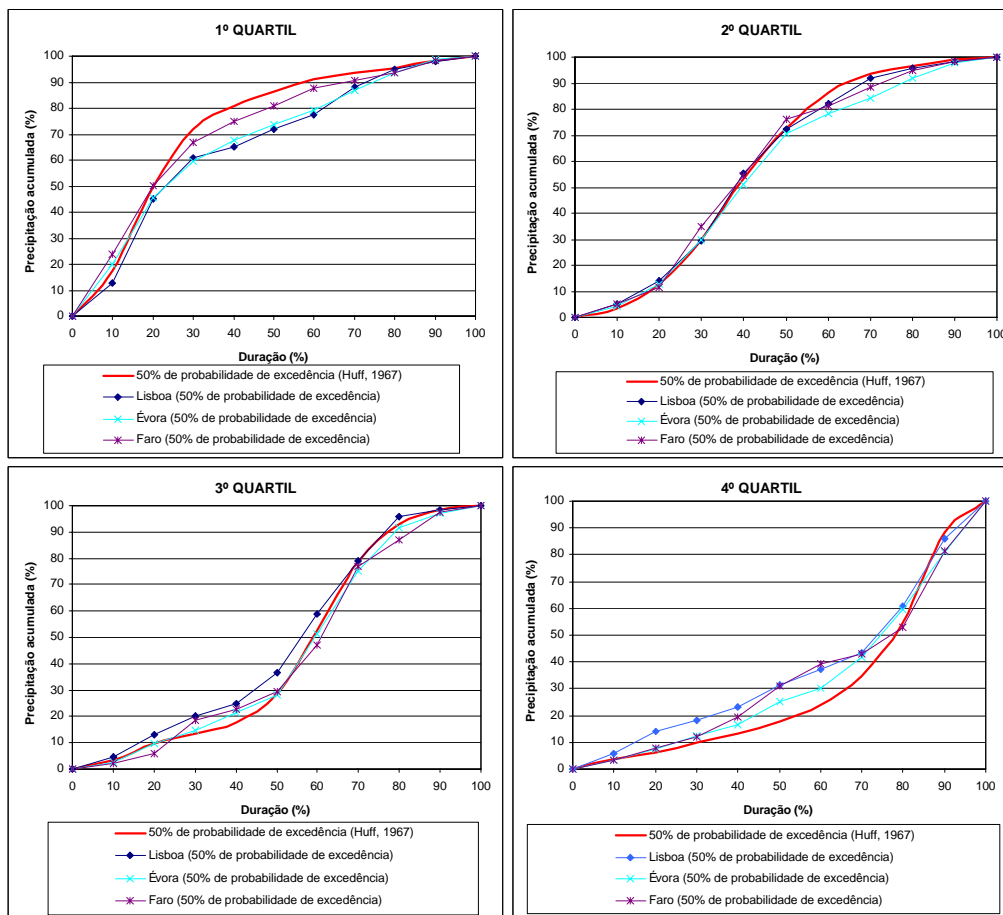


FIGURA 30 – COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS PROPOSTAS POR HUFF (1967) E AS CURVAS OBTIDAS PARA LISBOA, ÉVORA E FARO PARA A PROBABILIDADE DE 50%, NOS QUARTO QUARTIS.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando os mapas de isolinhas dos maiores máximos de precipitação observadas verifica-se que o aumento da duração da precipitação conduz ao aumento da amplitude entre os dois maiores máximos de precipitação para cada duração. Esta amplitude reflecte a diferença entre o Norte e o Sul.

Os mapas de isolinhas da precipitação para o período de retorno de 100 anos, para durações entre 30 min e 24 h, mostram que o fenómeno da precipitação extrema, que se traduz pela existência de precipitações bastante elevadas para o mesma probabilidade de não excedência, ocorrem fundamentalmente na zona sul de Portugal.

A partir da análise das 27 curvas Intensidade-Duração-frequência (IDF) constatou-se que estas conduziam a valores maiores de precipitação no posto Casal Soeiro e Monchique, região norte e sul de Portugal respectivamente. Chama-se a atenção que as curvas IDF de Viana do Castelo e Penhas Douradas conduzem a valores muito próximos dos máximos de Casal Soeiro para durações até aproximadamente 6 h, afastando-se dos máximos para

durações superiores. Na região sul salienta-se as precipitações, para durações superior a 6 h, obtidas a partir da curva IDF de S. Julião do Tojal cujas precipitações se aproximam dos máximos de Monchique.

A análise da evolução dos valores dos parâmetros, a e b, das curvas IDF evidencia uma convergência dos valores à medida que o tamanho da amostra aumenta, sendo essa convergência mais acentuada para períodos de retorno superiores a 50 anos, notando-se que para períodos de retorno pequenos, como os dois anos, o tamanho da amostra não tem grande influência na estimativa destes mesmos parâmetros.

Ao comparar as curvas de Precipitação Máxima Provável (PMP) dos dezanove postos verifica-se que a curva da covilhã conduz a maiores precipitações e apresenta o maior afastamento em relação a curva IDF, associada ao período de retorno de 1000 anos, podendo indicar que os registos existentes ainda estão longe do possível máximo de precipitação. Verificou-se, ainda, que a precipitação obtida por aplicação da curva PMP é em média duas vezes e meia a precipitação obtida através da curva IDF.

A análise da variação da relação entre a precipitação horária e a diária com o período de retorno indica que o aumento do período de retorno conduz ao aumento da relação com o período de retorno, para os 28 postos analisados. Por sua vez a análise da variação das relações entre a precipitação de seis horas e 24 h e a diária com o período de retorno mostra, respectivamente, que 44% e 40% dos 27 postos analisados aumenta a relação com o período de retorno.

A distribuição espacial das relações da precipitação horária e de seis horas com a diária não varia significativamente quando se passa do período de retorno de 100 anos para 1000 anos.

A análise da distribuição espacial da relação entre a precipitação de 24 h e a diária indica que esta relação é máxima na zona de Caramulo e Penhas Douradas mínima nas regiões onde se localizam os postos de Chaves e Sines sendo a relação média para Portugal continental de 1,16, valor superior à média mundial que é 1,14.

As curvas Precipitação-Área-Duração (PAD) obtidas neste estudo permitem identificar dois tipos distintos de distribuição espacial da precipitação diária ponderada, em relação ao epicentro das precipitação, associadas a duas orografias: Plana e montanhosa.

7. CONCLUSÕES. TRABALHOS FUTUROS

Num futuro próximo serão disponibilizadas mais curvas IDF, PMP e hietogramas de projecto para os restantes 13 postos da rede básica de referência (40 postos). Após estas análises serão, também actualizados os mapas de isolinhas.

A análise a partir de uma rede mais densa permitirá também obter curvas PAD para durações inferiores e superiores à diária. Num futuro próximo está previsto disponibilizar este tipo de informação para zonas planas (zona de Évora) onde os fenómenos convectivos são os principais responsáveis pelas precipitações intensas.

Pretende-se continuar a estudar as precipitações intensas nas regiões de Relíquias e Aveiro recorrendo a postos udográficos vizinhos uma vez que estas regiões foram analisadas com séries curtas (15 anos) e que, possivelmente, estão, por isso, sub e sobre avaliadas, respectivamente.

Será, também, objecto de estudo a região situada entre Minho e Trás-os-Montes pois as estimativas apresentadas parecem estar por defeito. Este aspecto será ultrapassado após a análise de séries udográficas registadas nessa região.

Os mapas determinados neste estudo visam representar para Portugal continental as grandes variações do fenómeno pluvioso em curtas durações. Está em estudo a utilização de métodos de interpolação mais fisicamente apoiados, que permitirão definir com maior precisão os contornos das isoietas.

BIBLIOGRAFIA

1. BRANDÃO, C. (1995) - Análise de precipitações intensas. Universidade Técnica de Lisboa. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa.
2. BRANDÃO, C. e HIPÓLITO, J. N. (1995) – Análise de Precipitações Intensas”. XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Recife. Brasil.
3. BRANDÃO, C. e HIPÓLITO, J. N. (1996) – Análise da precipitação para o estudo de cheias em Portugal. 3º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de língua Oficial portuguesa (3º SILUSBA). Maputo, Abril.
4. BRANDÃO, C. e HIPÓLITO, J. N. (1997) – Curvas de Possibilidade Udométrica (IDF) para Aveiro, Lisboa, Évora e Faro”. Revista da APRH Março , vol. 18 n.º 1. Lisboa. Portugal.
5. BRANDÃO, C. e RODRIGUES, R. (1997) - Precipitações intensas em Portugal Continental para períodos de retorno até 1000 anos. DSRH-INAG, Lisboa. Junho.
6. BRANDÃO, C. e RODRIGUES, R. (1997) – Modelação hidrológica de apoio ao Controlo de cheias na cascata de albufeiras do rio Zêzere. Simpósio sobre “Aproveitamentos Hidroeléctricos”. LNEC. Lisboa. Junho.

7. BRANDÃO, C. e RODRIGUES, R. (1999) – Probable Maximum Precipitation (PMP) for five Portuguese Raingauges, XXVIII International Association for Hydraulic Research Congress, Grass. Austria.
8. BRANDÃO, C. e RODRIGUES, R. (2000) – Isolinhas de Precipitações Extremas para Diferentes Durações. Relações entre Precipitação Horária e Sub-Horárias. 1º Congresso sobre Aproveitamentos e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português. Rio de Janeiro. Brasil.
9. CHOW, V.,T., Maidment, D., R. e Mays, L., W. (1988) - Applied Hydrology. McGraw-Hill International Editions. Civil Engineering series.
10. DAVID, J., M., S.(1978) – Drenagem de Estradas. Caminhos de Ferro e Aerodromos, estudo Hidrológico. Determinação de Caudais de Ponta de Cheia em Pequenas Bacias Hidrográficas. Edição Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulico, com autorização do LNEC.
11. MELLO, F.,M. (1997) – Intensidade Máxima-Duração-Frequência para a precipitação no posto meteorológico de Évora. Revista da APRH Janeiro , vol. 1 n.º 1. Lisboa. Portugal.
12. LOUREIRO, J. M.; MACEDO, M. E. (1981)– Precipitação Máxima em 24 Horas para Diferentes Períodos de Retorno. Recursos Hídricos vol. 2, nº 2, pp. 45-61. APRH, Lisboa.
13. MATOS, R.e SILVA, M. (1986) - Estudos de precipitação com aplicação no projecto de sistemas de drenagem pluvial . Curvas Intensidade-Duração-Frequência da Precipitação em Portugal. ITH 24. LNEC. Lisboa.
14. GODINHO, S. (1984, 1987 e 1989)- Valores máximos anuais da quantidade da precipitação. Estimativa dos valores relativos a durações inferiores a 24 horas. Notas Técnicas. Divisão de Hidrometeorologia - INMG. 1984 (nº2012), 1987 (nº2012) e 1989 (nº10).
15. HIPÓLITO, J. N. e MACEDO, M. E. (1993) - Digitalização de Registos de Variáveis Hidrológicas: Udogramas e Limnigramas, Colecção do Radar Hidrometeorológico. Direcção-Geral dos Recursos Naturais. Abril.
16. HUFF, F. A. (1967) - Time distribution of rainfall in heavy storm, Water Resources Research, vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019.
17. NICOLAU, R. E RODRIGUES, R. (2000)– Comparação de técnicas de interpolação espacial para mapeamento da precipitação máxima diária anual (Krigagem utilizando a altitude com deriva externa). Documento interno do INAG.
18. RODRIGUES, R. (1990) - Caracterização de episódios meteorológicos extremos. O sotavento Algarvio. DSH-DGRN, Lisboa, Junho.
19. WAYMIRE, E.; GUPTA, V. (1981) – The mathematical structure of rainfall representation, I-A review of the stochastic rainfall models. Water Resources Research 17: p. 1261-1272.

ANEXO I APLICAÇÃO PRÁTICA DA CARACTERIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS PARA A DEFINIÇÃO DE MAPAS DE ISOERODENTES.

EFEITO EROSIVO DAS PRECIPITAÇÕES

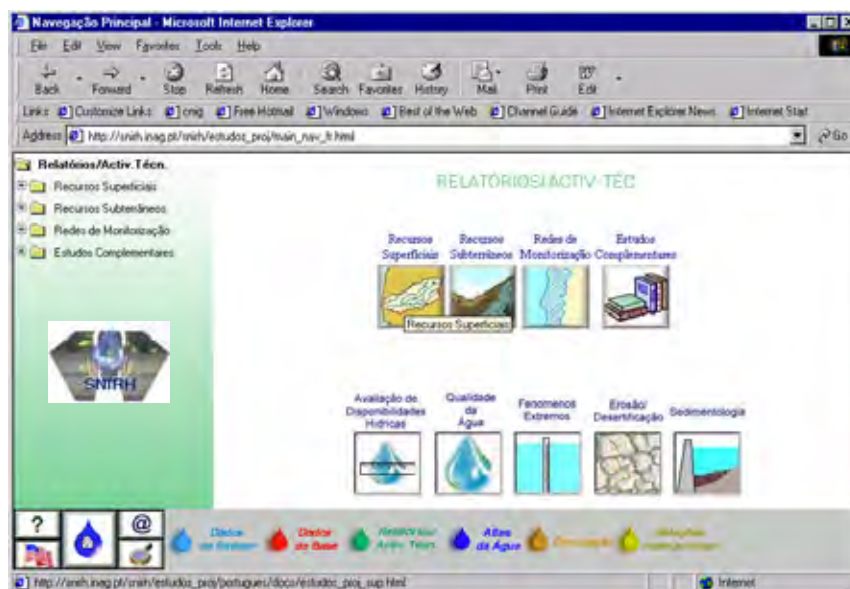
DETERMINAÇÃO DO FACTOR DE EROSIVIDADE DA PRECIPITAÇÃO (R), SEGUNDO WISCHMEIER & SMITH (1978).

MAPA DOS ISOERODENTES DA PRECIPITAÇÃO (R) PARA PORTUGAL CONTINENTAL.

Cláudia Brandão
Rui Rodrigues
Joaquim Pinto da Costa



GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO



GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

REDE
INICIAL
 $19+5+16=40$
449



GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

METODOLOGIA

1. Digitalização dos registos pluviométricos de dezanove postos udográficos.
2. Inventariação das chuvadas ocorridas nos dezanove postos udográficos.
3. Seleccção das chuvadas com precipitação total superior ou igual a 25,4 mm.
4. Divisão da chuvada em intervalo de tempo de 5 minutos.
5. Determinação para cada chuvada da precipitação em cada 5 minutos e da intensidade máxima de precipitação em 30 minutos.

GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

METODOLOGIA

6. Aplicação da metodologia de Wischmeier & Smith (1978), a dezanove postos. Utilização das equações seguintes, para obtenção do factor de erosividade da precipitação (R):

$$E_i = (12,13 + 8,9 \text{LOG}_{10}(I_i))h_i$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n E_i I_{30}}{1735}$$

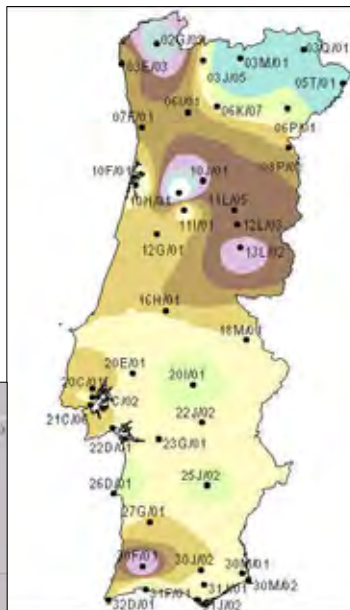
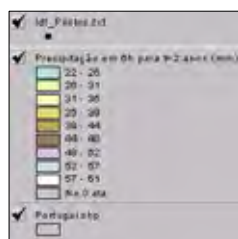
Sendo:

- E_i energia cinética libertada por cada chuvada (t.m/ha);
- I_i intensidade de precipitação para cada intervalo de tempo da chuvada, cada 5 minutos (mm/h);
- h_i precipitação para cada intervalo de tempo da chuvada, cada 5 minutos (mm) e
- I_{30} intensidade máxima em 30 min da chuvada (mm/h).

GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

METODOLOGIA

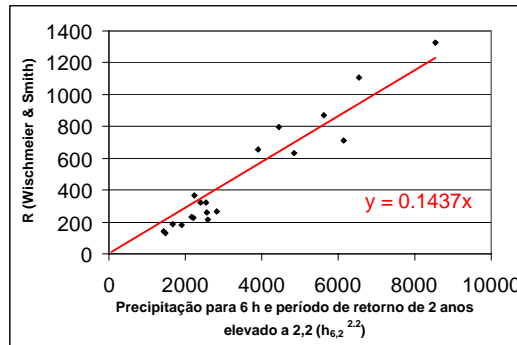
7. Aplicação da metodologia proposta por Ferro, Giordano & Iovino (1991), a dezassex mais cinco postos, para obtenção do factor de erosividade da precipitação (R)



GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

METODOLOGIA

8. Determinação da relação entre a precipitação ocorrida em 6 h para o período de retorno de 2 anos elevado a 2,2 e R calculado (19 postos).



9. Aplicação da equação aos 21 postos (16+5), e utilização dos R calculados para de 19 postos.

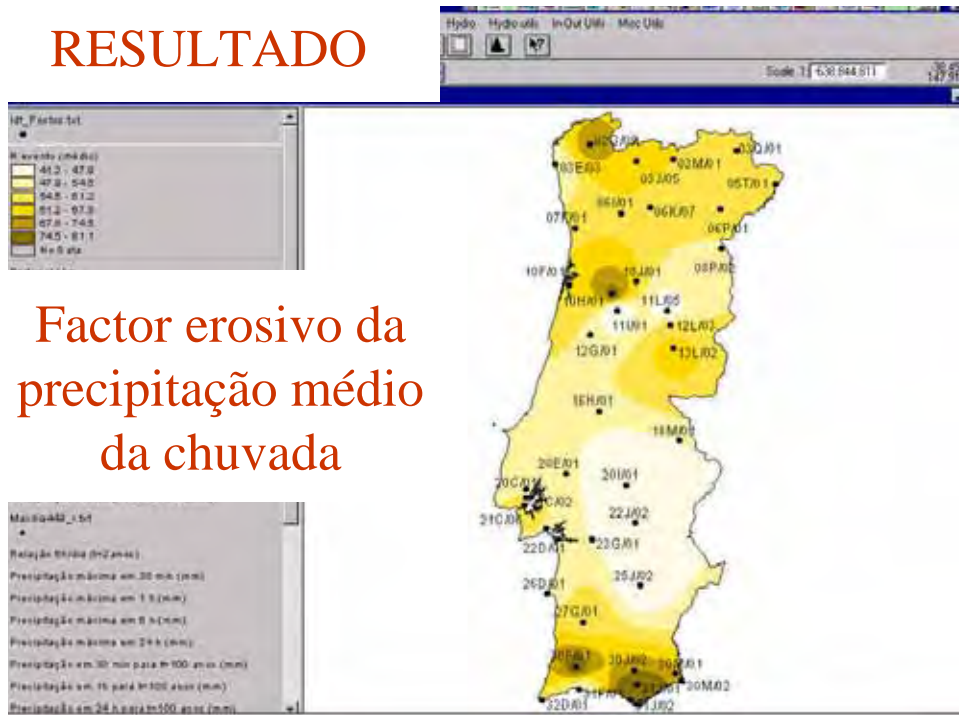
GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

RESULTADO



Factor erosivo da precipitação médio anual

RESULTADO



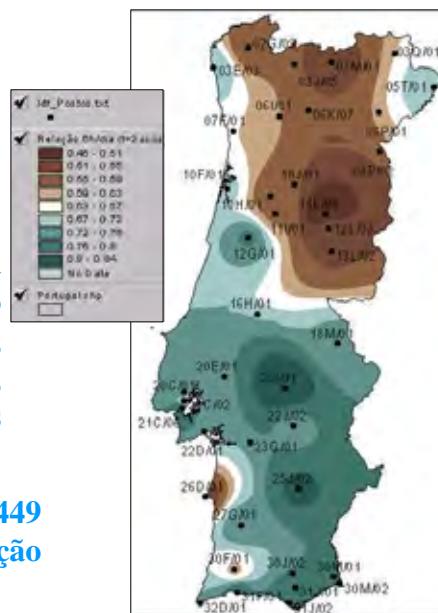
Factor erosivo da precipitação médio da chuvada

METODOLOGIA

10. Determinação da relação entre a precipitação ocorrida em 6 h e a diária para o período de retorno de 2 anos.

11. Determinação da precipitação em 6 h para o período de retorno de 2 anos, para 449 postos udográficos, com séries de registos com mais de 30 anos (até 1994/95).

12. Determinação do R, para 449 postos, a partir da equação $R=0,1437h_{6,2}^{2,2}$



GESTÃO DE INFORMAÇÃO EM TEMPO DIFERIDO

RESULTADO



Precipitação para o período de retorno de 10 anos (mm)

Códigos	Posto udográfico	Duração (min)								Duração (h)						Duração (h)			
		5	10	15	30	1	2	3	6	12	24	48	1	2	3	6	12	24	48
02G/09	Casal Soeiro	16.2	20.4	23.4	29.5	37.9	49.9	58.6	77.3	110.1	152.8	212.2							
03J/05	Vila da Ponte																		
03Q/01	Bragança																		
05T/01	Miranda do Douro	8.0	11.7	14.5	21.1	24.6	28.3	30.8	35.6	45.5	57.8	73.3							
06K/07	Vila Real																		
03M/01	Chaves	8.3	11.0	12.9	17.1	21.4	25.0	27.3	31.8	39.4	51.1	66.1							
06I/01	Amarante																		
06P/01	Cerejais																		
08P/02	Escalhão																		
03E/03	Viana do Castelo	12.6	17.7	21.6	30.5	36.2	43.5	48.4	58.0	74.6	98.5	130.1							
07F/01	Porto (Serra do Pilar)																		
10F/01	Aveiro (Universidade)	8.6	12.0	14.5	20.0	25.2	31.0	35.1	43.3	56.4	70.4	87.8							
10J/01	Viseu																		
10H/01	Caramulo	8.3	12.3	15.5	22.8	31.7	45.2	55.6	79.3	119.5	170.0	241.8							
11I/01	Sta Comba Dão	10.9	14.5	17.1	22.8	30.0	37.7	43.1	54.1	67.2	85.3	108.3							
11L/05	Penhas Douradas	10.7	14.9	18.1	25.3	33.3	43.5	50.9	66.5	93.9	129.7	179.2							
12L/03	Covilhã	8.7	12.0	14.4	19.7	26.1	36.1	43.6	60.1	91.7	131.6	188.8							
12G/01	Coimbra (IG)	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	40.0	46.2	59.1	70.7	86.2	105.3							
13L/02	Gralhas	12.0	16.8	20.5	28.9	35.4	46.0	53.6	69.7	107.3	152.8	217.5							
21C/06	Lisboa (IGIDL)	9.1	13.0	16.1	22.9	30.0	38.6	44.7	57.4	65.4	78.8	94.9							
21C/02	Lisboa (Portela)	12.2	16.4	19.5	26.2	32.7	41.7	48.2	61.5	73.7	86.7	101.8							
20C/01	S. Julião do Tojal	9.6	13.0	15.6	21.1	31.0	43.0	52.2	72.6	85.0	99.7	116.9							
22D/01	Setúbal																		
16H/01	Barragem de Castelo de Bode																		
18M/01	Portalegre	8.8	13.0	16.3	24.1	29.1	35.9	40.6	50.1	64.7	84.4	110.1							
20E/01	Barragem de Magos																		
20I/01	Pavia	9.7	13.1	15.5	20.8	25.5	32.7	37.8	48.4	61.1	75.6	93.6							
22J/02	Évora-Cemitério	10.1	14.8	18.6	27.2	33.7	40.2	44.6	53.2	60.1	72.0	86.1							
25J/02	Beja	8.9	12.8	16.0	23.1	27.8	33.3	36.9	44.1	52.6	62.5	74.3							
23G/01	Pêgo do Altar																		
26D/01	Sines	9.5	12.9	15.5	21.2	26.4	32.2	36.2	44.3	51.0	60.9	72.7							
27G/01	Relíquias	10.3	15.5	19.6	29.5	36.5	45.3	51.3	63.6	72.0	83.4	96.4							
30J/02	Catraia *					33.0	44.1	52.2	69.7	93.1	124.2	165.8							
31J/01	S. Brás de Alportel *					32.6	43.8	52.0	69.8	94.3	121.5	156.6							
30M/01	Figueirais *					34.9	46.8	55.5	74.3	100.4	124.8	155.3							
31F/01	Praia da Rocha	8.7	11.8	14.1	19.2	24.5	30.1	33.9	41.6	48.9	58.6	70.2							
30F/01	Monchique	12.3	18.0	22.5	33.0	48.4	68.9	84.7	120.5	136.7	156.0	178.1							
32D/01	Sagres																		
31J/02	Faro-Aeroporto	11.1	16.1	20.0	29.0	34.9	43.3	49.2	61.0	73.9	89.5	108.4							
30M/02	Vila Real de Sto António	9.5	14.1	17.7	26.0	33.4	41.3	46.7	57.7	67.7	82.7	101.0							

Códigos	Posto Iodográfico	Duração (min)						Duração (h)						Duração (h)		
		5	10	15	30	1	2	3	6	12	24	48				
02G/09	Casal Soeiro	21.6	27.5	31.7	40.3	50.4	65.0	75.5	97.5	142.7	201.9	285.7				
03J/05	Vila da Ponte															
03Q/01	Bragança															
05T/01	Miranda do Douro	10.6	15.7	19.8	29.3	33.8	38.1	40.8	45.9	58.7	75.6	97.3				
06K/07	Vila Real															
03M/01	Chaves	11.4	15.0	17.6	23.1	29.2	33.1	35.7	40.5	49.6	64.8	84.7				
06I/01	Amarante															
06P/01	Cerejais															
08P/02	Escalhão															
03E/03	Viana do Castelo	17.3	24.4	29.9	42.3	48.8	56.6	61.7	71.6	92.8	124.8	167.7				
07F/01	Porto (Serra do Pilar)															
10F/01	Aveiro (Universidade)	10.9	15.2	18.3	25.4	31.9	38.8	43.5	52.9	69.9	86.8	107.8				
10J/01	Viseu															
10H/01	Caramulo	10.7	15.8	19.9	29.5	40.7	56.5	68.4	95.1	144.9	207.1	296.0				
11I/01	Sta Comba Dão	15.0	19.8	23.3	30.7	41.1	51.1	58.1	72.3	88.4	111.6	141.0				
11L/05	Penhas Douradas	14.8	20.7	25.1	35.0	45.4	57.4	65.8	83.2	117.1	163.2	227.3				
12L/03	Covilhã	11.4	15.5	18.6	25.4	32.9	44.8	53.6	73.0	113.9	164.9	238.6				
12G/01	Coimbra (IG)					41.6	53.3	61.7	79.1	93.6	112.2	134.6				
13L/02	Gralhas	15.6	22.1	27.1	38.4	46.3	59.0	67.9	86.5	136.0	196.2	283.0				
21C/06	Lisboa (IGIDL)	11.6	16.8	20.9	30.2	39.4	50.5	58.4	74.9	84.0	100.2	119.4				
21C/02	Lisboa (Portela)	16.8	22.4	26.4	35.0	44.2	57.4	66.9	86.8	103.9	121.8	142.8				
20C/01	S. Julião do Tojal	13.0	17.6	20.9	28.3	42.3	59.9	73.4	103.8	120.7	139.4	161.1				
22D/01	Setúbal															
16H/01	Barragem de Castelo de Bode															
18M/01	Portalegre	11.4	17.2	21.8	32.8	38.8	46.8	52.2	63.0	81.8	107.5	141.2				
20E/01	Barragem de Magos															
20I/01	Pavia	13.4	17.8	21.0	27.9	33.8	43.6	50.5	65.1	83.2	102.6	126.6				
22J/02	Évora-Cemitério	12.9	19.4	24.6	37.0	45.8	54.2	59.8	70.8	78.3	93.0	110.3				
25J/02	Beja	11.4	16.7	21.0	30.8	36.5	43.0	47.3	55.7	65.8	77.6	91.5				
23G/01	Barragem de Pêgo do Altar															
26D/01	Sines	12.5	17.0	20.4	27.7	34.8	42.6	48.0	58.8	66.5	78.5	92.8				
27G/01	Relíquias	13.9	21.2	27.2	41.6	51.7	63.6	71.7	88.1	98.0	112.2	128.5				
30J/02	Catraia *					52.5	69.6	82.0	108.6	143.8	190.2	251.4				
31J/01	S. Brás de Alportel *					53.9	72.3	85.9	115.3	155.6	198.5	253.3				
30M/01	Figueirais *					66.4	88.1	104.0	138.0	184.9	225.7	275.6				
31F/01	Praia da Rocha	11.7	15.8	18.7	25.2	32.5	39.5	44.4	54.1	64.4	77.9	94.2				
30F/01	Monchique	16.2	24.3	30.7	46.1	69.5	100.5	124.7	180.2	197.9	221.1	247.1				
32D/01	Sagres															
31J/02	Faro-Aeroporto	14.6	21.7	27.4	40.6	48.5	60.1	68.1	84.4	102.8	124.6	151.0				
30M/02	Vila Real de Sto António	12.4	18.5	23.3	34.8	44.9	55.4	62.6	77.2	90.9	111.8	137.5				

Precipitação para o período de retorno de 100 anos (mm)

Códigos	Posto Iodográfico	Duração (min)						Duração (h)						Duração (h)			
		5	10	15	30	1	2	3	6	12	24	48	12	24	48		
02G/09	Casal Soeiro	23.9	30.5	35.2	44.9	55.7	71.4	82.6	106.0	156.5	222.6	316.8					
03J/05	Vila da Ponte																
03Q/01	Bragança																
05T/01	Miranda do Douro	11.7	17.4	22.0	32.8	37.7	42.2	45.0	50.2	64.3	83.1	107.4					
06K/07	Vila Real																
03M/01	Chaves	12.7	16.6	19.5	25.6	32.5	36.6	39.2	44.2	53.9	70.6	92.5					
06I/01	Amarante																
06P/01	Cerejais																
08P/02	Escalhão																
03E/03	Viana do Castelo	19.3	27.3	33.4	47.2	54.1	62.1	67.4	77.4	100.5	135.9	183.6					
07F/01	Porto (Serra do Pilar)																
10F/01	Aveiro (Universidade)	11.9	16.5	20.0	27.6	34.8	42.1	47.0	56.9	75.5	93.7	116.2					
10J/01	Viseu																
10H/01	Caramulo	11.6	17.3	21.8	32.4	44.4	61.2	73.8	101.8	155.6	222.7	318.9					
11I/01	Sta Comba Dão	16.7	22.0	25.8	34.1	45.7	56.8	64.4	80.0	97.3	122.7	154.7					
11L/05	Penhas Douradas	16.6	23.1	28.1	39.1	50.5	63.2	72.1	90.3	126.9	177.3	247.6					
12L/03	Covilhã	12.5	17.1	20.4	27.8	35.8	48.5	57.9	78.4	123.3	179.0	259.8					
12G/01	Coimbra (IG)**					46.0	59.0	68.3	87.6	103.2	123.1	147.0					
13L/02	Gralhas	17.1	24.3	29.9	42.4	50.9	64.4	74.0	93.7	148.1	214.5	310.6					
21C/06	Lisboa (IGIDL)	12.7	18.4	22.9	33.3	43.4	55.6	64.2	82.3	91.9	109.1	129.6					
21C/02	Lisboa (Portela)	18.8	24.9	29.3	38.7	49.0	64.0	74.8	97.5	116.7	136.7	160.2					
20C/01	S. Julião do Tojal	14.5	19.5	23.2	31.3	47.2	67.0	82.3	117.0	135.7	156.2	179.7					
22D/01	Setúbal																
16H/01	Barragem de Castelo de Bode																
18M/01	Portalegre	12.5	18.9	24.1	36.4	42.9	51.4	57.1	68.5	89.0	117.2	154.3					
20E/01	Barragem de Magos																
20I/01	Pavia	15.0	19.8	23.3	30.8	37.4	48.2	55.9	72.1	92.5	114.1	140.7					
22J/02	Evora-Cemitério	14.1	21.3	27.2	41.1	51.0	60.2	66.3	78.2	86.1	101.9	120.6					
25J/02	Beja	12.4	18.4	23.1	34.1	40.2	47.1	51.7	60.6	71.4	84.0	98.8					
23G/01	Pêgo do Altar																
26D/01	Sines	13.8	18.7	22.4	30.4	38.4	47.0	53.0	64.9	73.0	86.0	101.3					
27G/01	Relíquias	15.4	23.6	30.4	46.7	58.1	71.3	80.3	98.5	109.0	124.4	142.0					
30J/02	Catrala *					63.9	84.3	99.2	130.9	172.7	227.9	300.7					
31J/01	S. Brás de Alportel *					66.8	89.5	106.3	142.4	192.3	243.7	308.8					
30M/01	Figueirais *					87.1	115.1	135.5	179.1	238.6	289.0	350.0					
31F/01	Praia da Rocha	13.0	17.4	20.7	27.8	35.8	43.6	48.8	59.4	70.9	86.1	104.5					
30F/01	Monchique	17.8	26.9	34.2	51.7	78.5	113.8	141.5	205.4	223.7	248.6	276.3					
32D/01	Sagres																
31J/02	Faro-Aeroporto	16.2	24.1	30.5	45.5	54.2	67.2	76.1	94.2	115.1	139.5	169.1					
30M/02	Vila Real de Sto António	13.6	20.3	25.7	38.5	49.8	61.4	69.3	85.4	100.7	124.1	152.9					

Precipitação para o período de retorno de 1000 anos (mm)

Códigos	Posto idográfico	Duração (min)						Duração (h)						Duração (h)					
		5	10	15	30	1	2	3	6	12	24	48	1	2	3	6	12	24	48
02G/09	Casal Soeiro	31.5	40.5	46.8	60.0	73.1	92.5	106.1	134.3	202.0	291.2	419.8							
03J/05	Vila da Ponte																		
03Q/01	Bragança																		
05T/01	Miranda do Douro	15.3	23.0	29.3	44.3	50.7	55.7	58.8	64.6	82.7	107.9	140.8							
06K/07	Vila Real																		
03M/01	Chaves	16.9	22.2	26.0	34.1	43.3	47.9	50.9	56.3	68.1	89.9	118.5							
06I/01	Amaranite																		
06P/01	Cerejais																		
08P/02	Escalhão																		
03E/03	Viana do Castelo	25.8	36.6	44.9	63.7	71.5	80.3	85.9	96.5	126.0	172.5	236.2							
07F/01	Porto (Serra do Pilar)																		
10F/01	Aveiro (Universidade)	15.2	21.0	25.3	35.1	44.2	52.9	58.7	70.2	94.2	116.5	144.1							
10J/01	Viseu																		
10H/01	Caramulo	14.9	22.2	28.0	41.8	56.8	76.8	91.6	123.8	190.9	274.4	394.5							
11I/01	Sta Comba Dão	22.4	29.4	34.4	45.1	61.1	75.4	85.4	105.4	126.8	159.4	200.3							
11L/05	Penhas Douradas	22.4	31.1	37.8	52.6	67.4	82.5	92.9	113.7	159.2	223.8	314.8							
12L/03	Covilhã	16.3	22.0	26.3	35.7	45.2	60.6	72.0	96.5	154.3	225.5	329.5							
12G/01	Coimbra (IG)					60.5	77.7	90.0	115.6	135.2	159.5	188.1							
13L/02	Gralhas	22.2	31.7	39.0	55.6	65.9	82.3	93.7	117.0	188.2	275.2	402.3							
21C/06	Lisboa (IGIDL)	16.2	23.7	29.7	43.6	56.5	72.3	83.5	106.8	117.8	138.9	163.8							
21C/02	Lisboa (Portela)	25.4	33.3	38.9	51.0	65.1	85.7	100.8	132.8	158.8	185.8	217.4							
20C/01	S. Julião do Tojal	19.2	25.8	30.7	41.3	63.1	90.5	111.8	160.5	185.6	211.8	241.7							
22D/01	Setúbal																		
16H/01	Barragem de Castelo de Bode																		
18M/01	Portalegre	16.2	24.7	31.7	48.5	56.5	66.6	73.4	86.6	112.9	149.4	197.8							
20E/01	Barragem de Magos																		
20I/01	Pavia	20.1	26.4	31.0	40.7	49.0	63.4	73.7	95.3	123.4	151.8	186.8							
22J/02	Evora-Cemitério	17.9	27.6	35.6	54.8	67.9	79.7	87.6	102.8	111.5	131.2	154.3							
25J/02	Beja	16.0	23.8	30.1	44.9	52.4	60.7	66.2	76.7	89.9	105.1	122.8							
23G/01	Pêgo do Altar																		
26D/01	Sines	18.1	24.5	29.2	39.6	50.2	61.6	69.4	85.3	94.7	110.6	129.4							
27G/01	Relíquias	20.4	31.6	40.9	63.6	79.3	96.8	108.8	132.9	145.3	164.7	186.8							
30J/02	Catraia *					122.1	159.4	186.2	243.0	317.1	413.8	540.0							
31J/01	S. Brás de Alportel *					135.2	180.7	214.2	286.3	386.0	481.2	599.9							
30M/01	Figueirais *					226.2	287.0	329.9	418.6	560.6	661.5	780.4							
31F/01	Praia da Rocha	17.2	22.9	27.2	36.2	46.9	56.8	63.5	76.9	92.6	113.1	138.2							
30F/01	Monchique	23.2	35.6	45.7	70.1	107.9	157.9	197.3	288.7	309.1	339.6	373.1							
32D/01	Sagres																		
31J/02	Faro-Aeroporto	21.2	32.0	40.8	61.7	73.3	90.6	102.6	126.8	155.5	188.5	228.6							
30M/02	Vila Real de Sto António	17.5	26.4	33.6	50.7	65.8	81.0	91.5	112.7	133.0	164.6	203.7							