



**INSTITUTO
DA ÁGUA**

DIRECÇÃO DOS SERVIÇOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Hidrologia das cheias do Mondego de 26 e 27 de Janeiro de 2001

(Rui Rodrigues, Claudia Brandão, Joaquim Pinto da Costa)

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente relatório é o primeiro de uma série de artigos técnicos de análise das cheias no ano hidrológico de 2000/2001 onde se procura avaliar, e neste caso concretamente para a bacia do Mondego:

- a excepcionalidade dos fenómenos meteorológicos na génese das cheias;
- a excepcionalidade da sua resposta hidrológica em termos de território, isto é, das cheias, propriamente ditas;
- o funcionamento dos mecanismos de vigilância e alerta.

Ao contrário do que parece ser prática já enraizada na opinião, a quantificação da excepcionalidade de uma ocorrência (neste caso hidrometeorológica) é muito mais do que a mera ordenação decrescente do valor medido numa sucessão de anos de registo e leitura desse “ranking”. A determinação da excepcionalidade ou frequência de um acontecimento envolve o estudo estatístico das séries de valores registados e a subsequente formulação da estimativa em termos do período médio esperado para a sua “repetição” (Período de Retorno).

Esta homogeneização de procedimentos de estimação é importante pois o máximo obtido numa série com 30 anos de registos possui seguramente outro tipo de conteúdo informativo do que o máximo registado (ou mesmo o segundo ou o terceiro máximos registados) numa série de 150 anos. Este é um dos motivos porque os postos de precipitação seleccionados para esta análise de excepcionalidade, ainda que não possuam todos o mesmo número de anos de registo, têm na generalidade uma actividade de medição centenária. Foi por isso também que se contemplou todo o período de registo em cada posto e não somente sequências de igual número de anos comuns.

Outro conceito formulado ao arpejo da ciência hidrológica e que, de tão generalizado na opinião pública, parece já aceite como verdade insofismável, é o de que a cheia

num local é determinada pela intensidade da precipitação também local, esquecendo todos os mecanismos de recarga e escoamento envolvidos na convergência da área drenante para essa região. Assim, neste relatório é reposta a verdadeira natureza dos processos hidrológicos sendo as aflúncias à albufeira da Aguieira apenas determinadas pela precipitação ocorrida a montante desta. Como a sua medição é apenas pontual nuns quantos locais, a reconstituição da distribuição espacial das precipitações é outro factor determinante da extensão e magnitude das cheias que aqui se contempla.

Há que ainda juntar a qualquer análise de cheias com este tipo de incidência (sobre uma bacia com cerca de 7000 km²) o efeito cinemático da ocorrência da precipitação, potenciando efeitos difíceis de conceptualizar nas previsões meteorológicas.

Os processos de “downscaling” correntes para pequenas parcelas de território, das estimativas de larga escala dos modelos de circulação atmosférica, requer ainda alguma investigação a nível mundial e, nesse sentido, a previsão hidrológica credível está muito dependente da complementação da previsão meteorológica com valores medidos em tempo real, tornando-a mais adequada para bacias com tempos de concentração de cheias suprahorários. Tal é o caso da bacia do Mondego, onde a previsão hidrológica (incorporada no Sistema de Vigilância e Alerta do INAG) foi feita em duas fases: uma no dia 25 de Janeiro, baseada nas previsões meteorológicas para o dia seguinte; outra durante a manhã do dia 26 de Janeiro, onde as precipitações observadas a barlavento, na bacia do Águeda iam sendo progressivamente trasladadas para a Bacia do Mondego, alimentando o modelo hidrológico. Este procedimento permitiu, cerca das 14:00 h, possuir uma primeira noção da verdadeira magnitude da ponta e dimensão do volume de cheia afluyente à barragem da Aguieira, que foi comunicada ao Serviço Nacional de Protecção Civil e à CPPE.

Seguidamente apresentam-se os resultados dos estudos efectuados na análise da cheia de 26 e 27 de Janeiro ocorrida no Mondego, com a conseqüente rotura dos diques a jusante de Coimbra.

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO

A precipitação ocorrida no dia 26 de Janeiro de 2001 e na manhã do dia 27, culminou de forma acentuada, a totalização do mês de Janeiro que teve, justamente na região litoral-centro do País, a maior expressão em termos de excepcionalidade.

Na Figura 1 fica evidenciado que foi na região de Coimbra onde a excepcionalidade da acumulação de precipitação em Janeiro atingiu um valor centenário. Estes valores de excepcionalidade são amplificados para cerca dos 140 anos se o período de totalização da precipitação incluir ainda o mês de Dezembro.

Aliás, também nas encostas NO e SE da bacia do Mondego, tiveram os valores de precipitação acumulada nos dois meses, Dezembro e Janeiro, grandes períodos de retorno associados, só que ainda maiores: entre 250 e 300 anos, respectivamente.

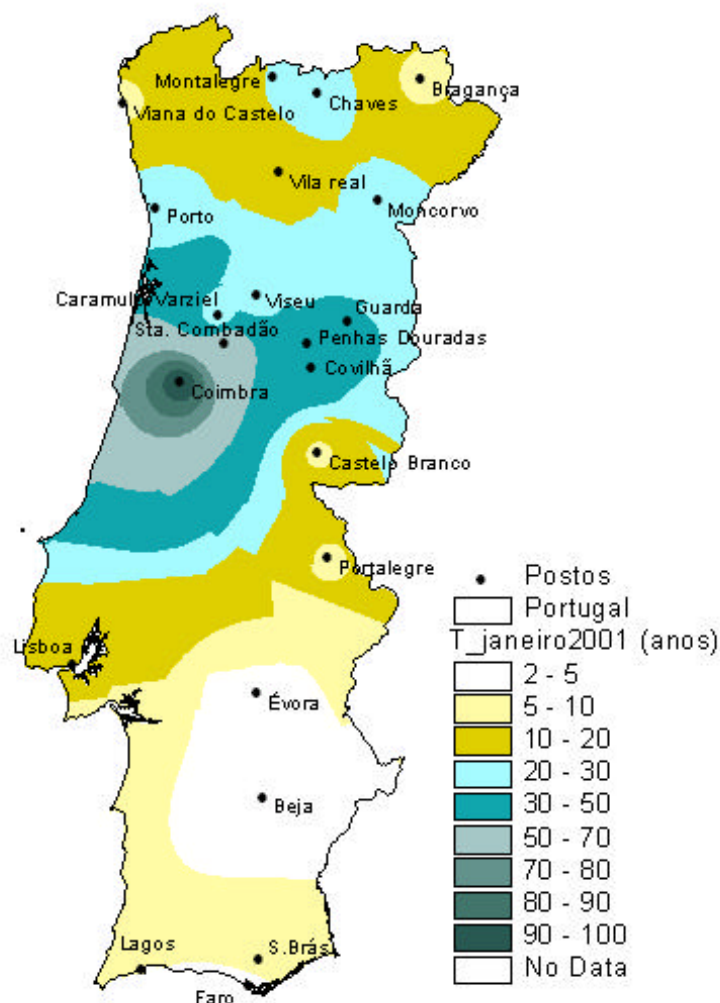


Fig. 1 – Excepcionalidade da precipitação no mês de Janeiro de 2001, medida através do período de retorno implicado.

Os valores de totalização mensal da precipitação ocorrida diariamente são um bom indicativo quer do grau de persistência dos fenómenos pluviosos, quer da permanente saturação dos solos nessa área. Contudo, não são os indicados para descrever, em termos meteorológicos, o fenómeno extremo de 26-27 de Janeiro.

Para descrever a excepcionalidade da precipitação que originou a cheia da madrugada do dia 27 de Janeiro, deverá recorrer-se ao estudo estatístico da precipitação diária que, como se sabe, é totalizada nos udómetros das 9 horas de um dia às 9 horas do dia seguinte. Na Figura 2 é apresentada a distribuição espacial da excepcionalidade da precipitação nesse período de 24 horas, sendo já visível o caminho de desenvolvimento da máxima actividade da perturbação meteorológica — sensivelmente de NO para SE.

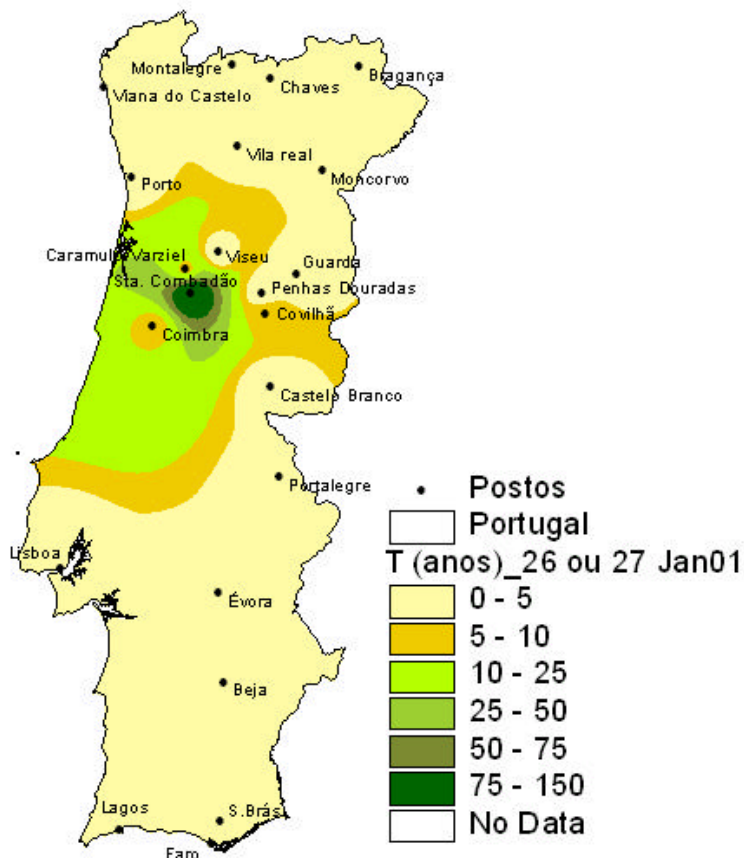


Fig. 2 – Excepcionalidade da precipitação no período de 24 horas de 26 para 27 de Janeiro de 2001, medida através do período de retorno implicado.

Ficam assim evidenciados, desde já, dois aspectos importantes:

- 1) ocorreu uma localização da actividade convectiva mais intensa entre Viseu e Coimbra;
- 2) a cinemática do fenómeno na translação das massas de ar de NO para SE foi importante no incremento, por estímulo orográfico, da precipitação nas cabeceiras intermédias da bacia do Mondego, tendo-se aí atingido valores superiores ao triplo dos verificados nos vales.

A primeira constatação denuncia que o fenómeno poderia ter tido menores consequências a jusante se tivesse incidido preferencialmente nas áreas drenantes entre Viseu e as Penhas Douradas (cabeceiras superiores do Mondego) porque cinematicamente mais afastadas. A ser assim, não só os tempos de resposta na gestão de Aguieira e Fronhas teriam sido mais dilatados, como a própria atenuação na propagação das ondas de cheia reduziria as pontas de cheia afluentes.

Quanto à segunda constatação, a Figura 3 é por si só esclarecedora. O efeito evidente da translação da perturbação meteorológica ao longo do eixo NO-SE e a subsequente atenuação com a progressão para o vale do Mondego (passagem do posto de Caramulo/Varzílias para o de Oliveira do Hospital) é seguido de posterior reactivação convectiva por estímulo orográfico nas encostas SE (passagem de Oliveira do Hospital para Covilhã).

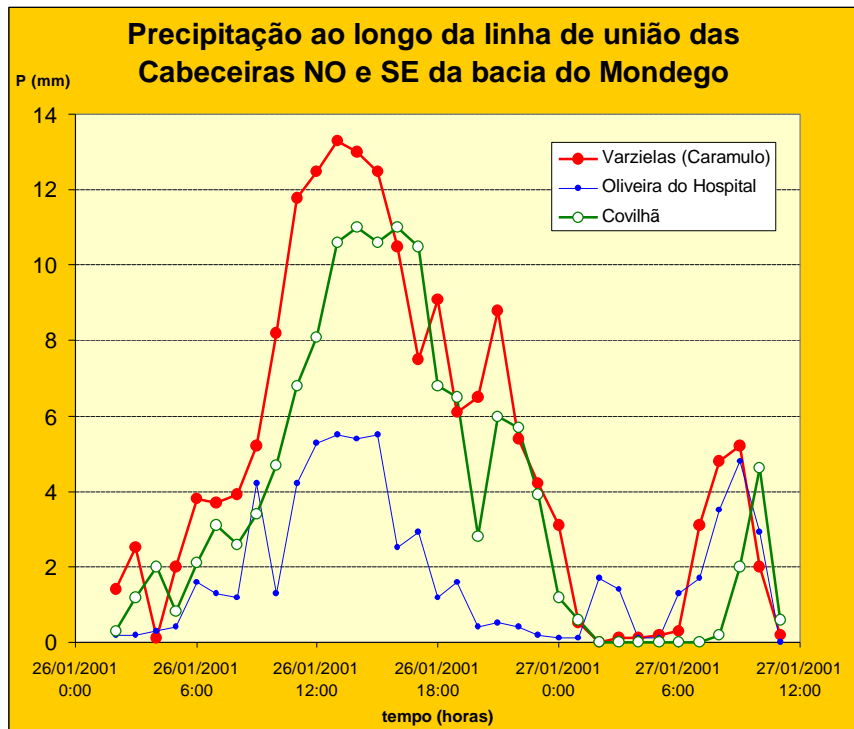


Fig. 3 – Variação da precipitação horária entre a encosta NO e a encosta SE da bacia do Mondego devido ao estímulo orográfico na translação da perturbação meteorológica.

A Figura 4 resume a precipitação ocorrida nas 24 horas da génese da cheia.

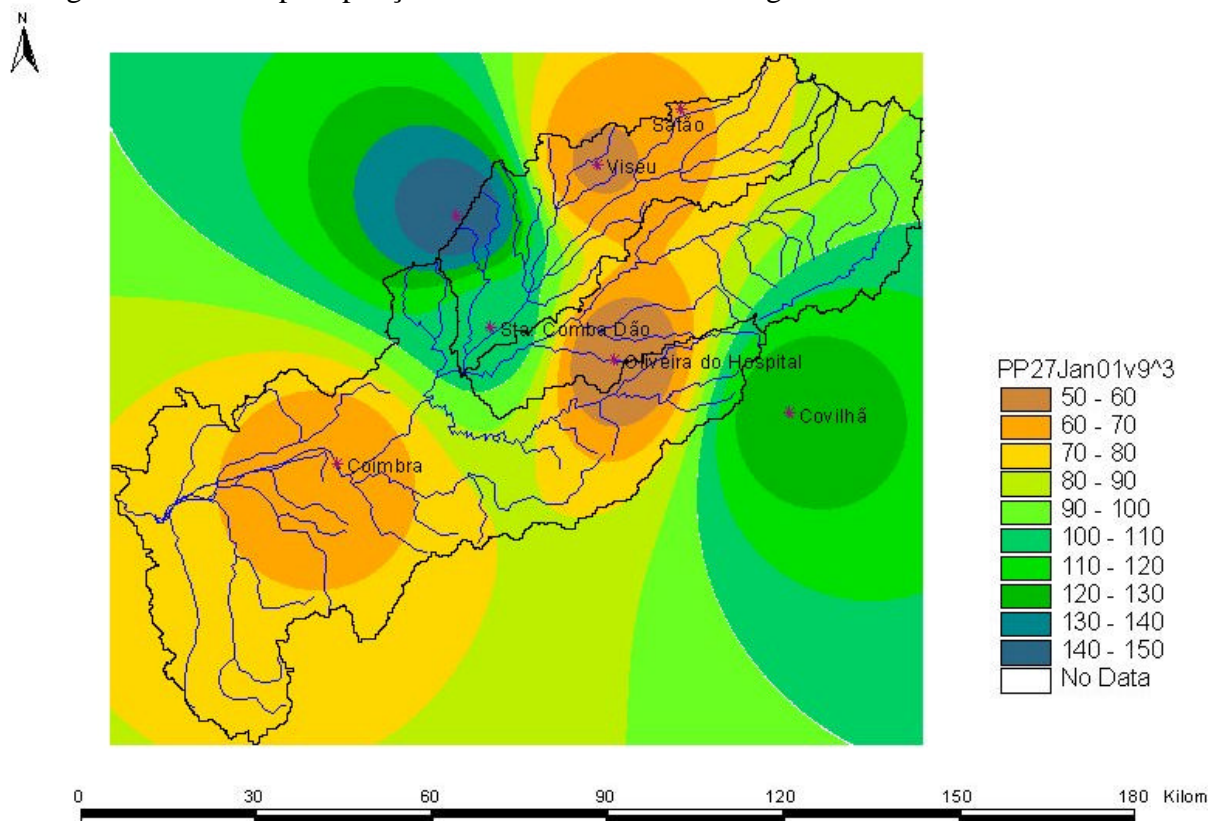


Fig. 4 – Precipitação ocorrida em 24 horas de 26 para 27 de Janeiro de 2001.

Como é visível na imagem da Figura 4, a concentração de valores elevados de precipitação junto às áreas próximas de drenagem quer da barragem da Aguieira, no Mondego, quer da barragem de Fronhas no Alva, criaram um rápido afluxo de caudal às respectivas albufeiras.

Em fenómenos deste tipo, é a própria excepcionalidade sub-diária do fenómeno que deve ser analisada. Nesse sentido apresenta-se, na Figura 5, a curva de intensidade-duração-frequência para as cabeceiras NO da bacia (zona do Caramulo), onde se observa que o fenómeno ganhou, a partir da duração de seis horas em torno do máximo, contornos verdadeiramente excepcionais. Ainda que os resultados apresentados sejam ainda preliminares pode afirmar-se, com alguma confiança, que os volumes precipitados entre as nove e as 15 horas de maior intensidade tiveram períodos de retorno bicentenários. O carácter muito localizado desse fenómeno — como já vimos, restrito à encosta NO — evitou que a dimensão do fenómeno atingisse proporções muito superiores.

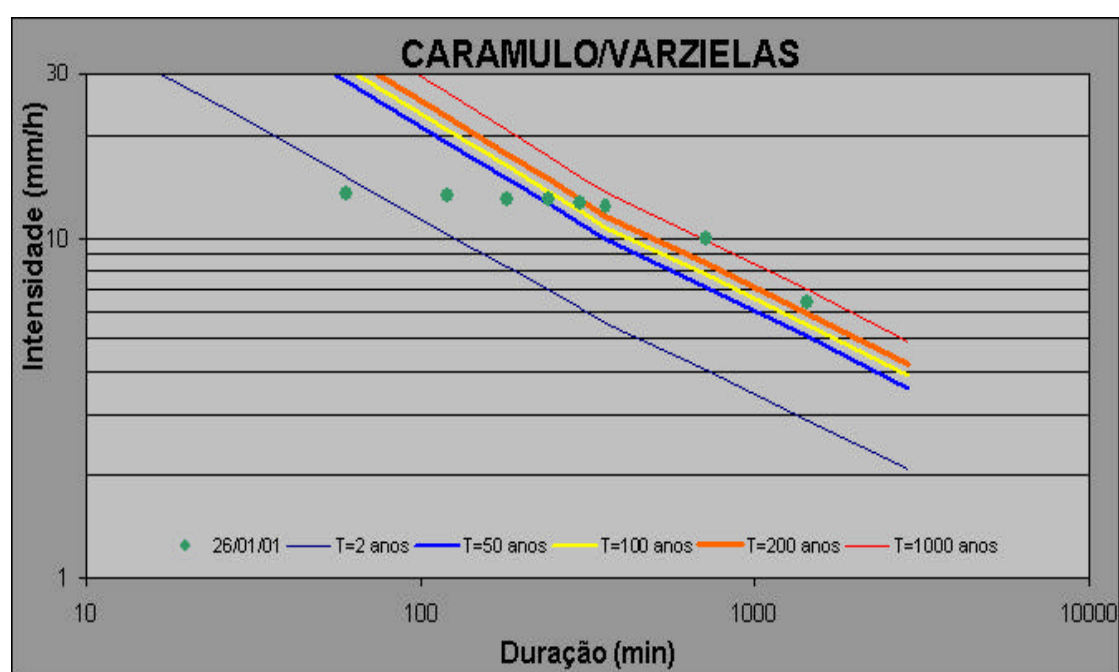


Fig. 5 – Análise da intensidade-duração-frequência da precipitação ocorrida na região do Caramulo em 26/01/2001.

Na encosta SE o fenómeno não atingiu proporções centenárias mas sim de um período de retorno de 50 anos. Contudo — e isto para dar uma ideia da permanência dos fenómenos extremos nesta região desde Dezembro — em 7 de Dezembro de 2000 as precipitações atingiram então uma excepcionalidade centenária (Fig. 6).

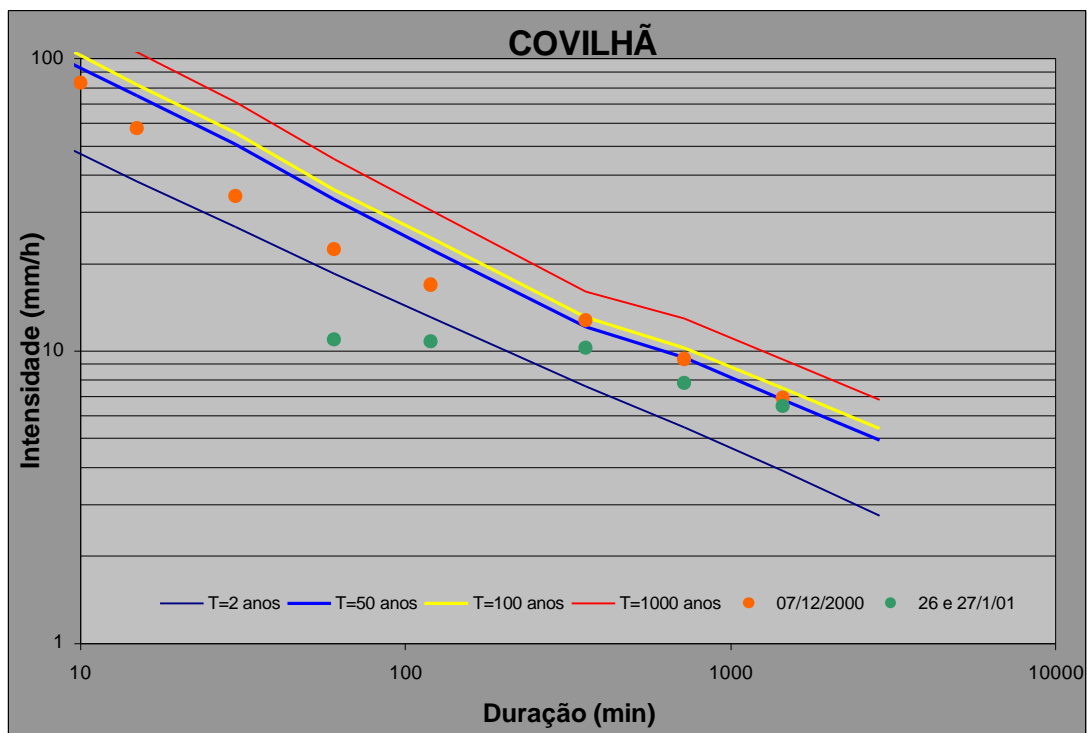


Fig. 6 – Análise da intensidade-duração-frequência da precipitação ocorrida na região da Covilhã em 26/01/2001, e sua confrontação com os valores de 7 de Dezembro de 2000.

Houve em suma uma fustigação das cabeceiras do Mondego desde Dezembro que originava rápidas respostas, em termos de escoamento, a qualquer ocorrência de precipitação mais intensa. Mais ainda, sendo os níveis de saturação dos solos muito elevados, as recessões de caudal drenante para as albufeiras contribuíam com caudal significativo para os armazenamentos, mesmo na ausência de precipitação.

ANÁLISE DO ESCOAMENTO

Para análise da excepcionalidade do caudal de ponta atingido durante uma cheia, uma das formas harmonizadas de procedimento numa bacia onde o regime hidrológico foi modificado pela intervenção humana, é a reconstituição do fenómeno tal como aconteceria em situação pristina, tornando assim os valores comparáveis com os registos históricos já que é restituída a estacionaridade da série de tempo.

Nesse sentido foi calibrado o modelo hidrológico HMS nos pontos de controlo definidos no Sistema de Vigilância e Alerta do INAG:

- barragem da Agueira;
- barragem de Fronhas;
- açude da Raiva;
- açude de Coimbra.

A configuração final dos nós de simulação e ligações hidráulicas é apresentada na Figura 7.

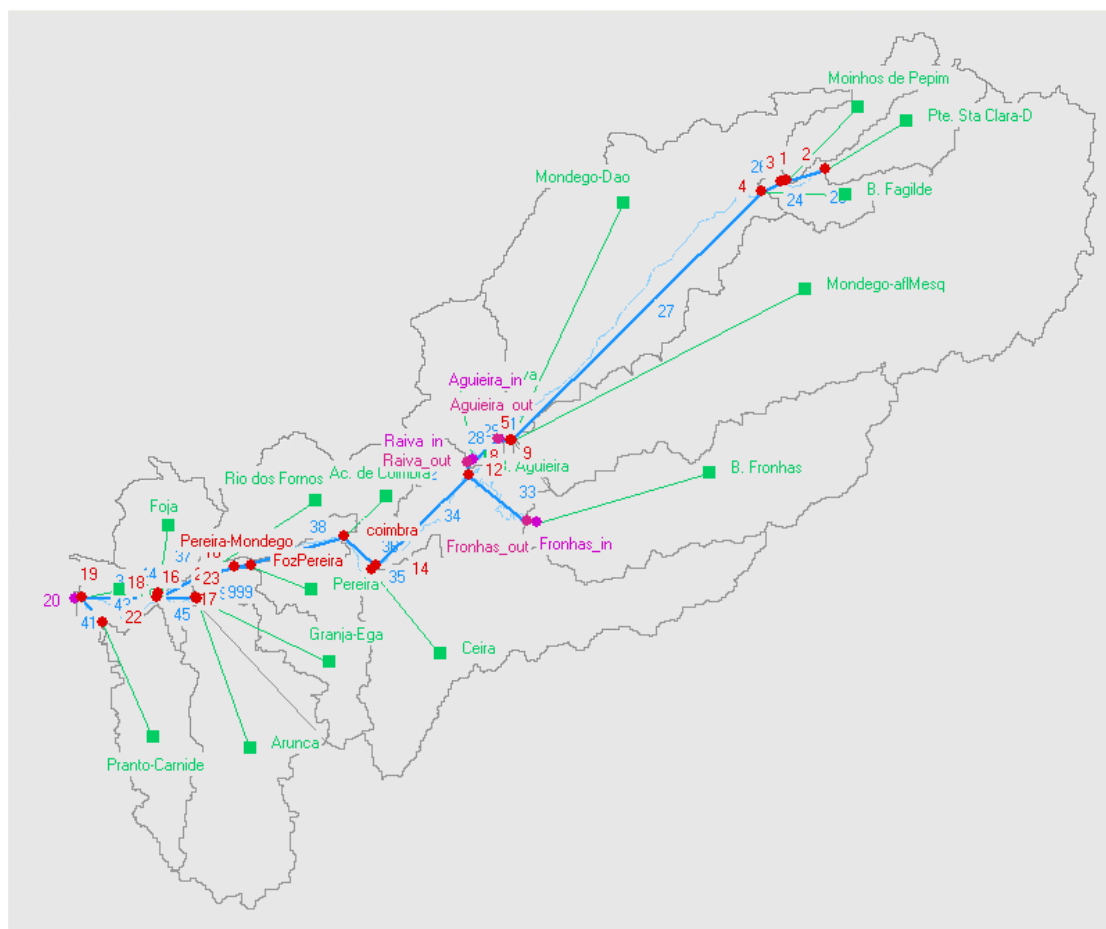


Fig. 7 – Esquema de simulação do modelo do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos do INAG

Este modelo é aquele utilizado pelo INAG na previsão hidrológica do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH) onde os dados de entrada são geralmente as previsões de precipitação, em incrementos de 3h, do Instituto de Meteorologia.

Na presente análise *a posteriori* serão evidentemente utilizados os mesmos postos de precipitação do Instituto da Água que comunicaram por telemetria ao INAG, no dia 26 de Janeiro, a informação de apoio à previsão hidrológica em tempo real, para controlo da evolução da situação face às previsões. Agora, porém, será adicionada a informação udográfica proveniente do posto de Santa Comba Dão, entretanto recuperada.

Após as novas calibrações agora efectuadas sobre as sub-bacias dos pontos de controlo — de que se apresentam alguns resultados nas Figuras 8 e 9 — efectuaram-se as estimativas para reconstituição da cheia natural, podendo ver-se que, no açude de Coimbra, o caudal atingido seria, na ausência de qualquer controlo a montante, $2800 \text{ m}^3/\text{s}$ ao invés dos $1990 \text{ m}^3/\text{s}$ registados (Fig. 10).

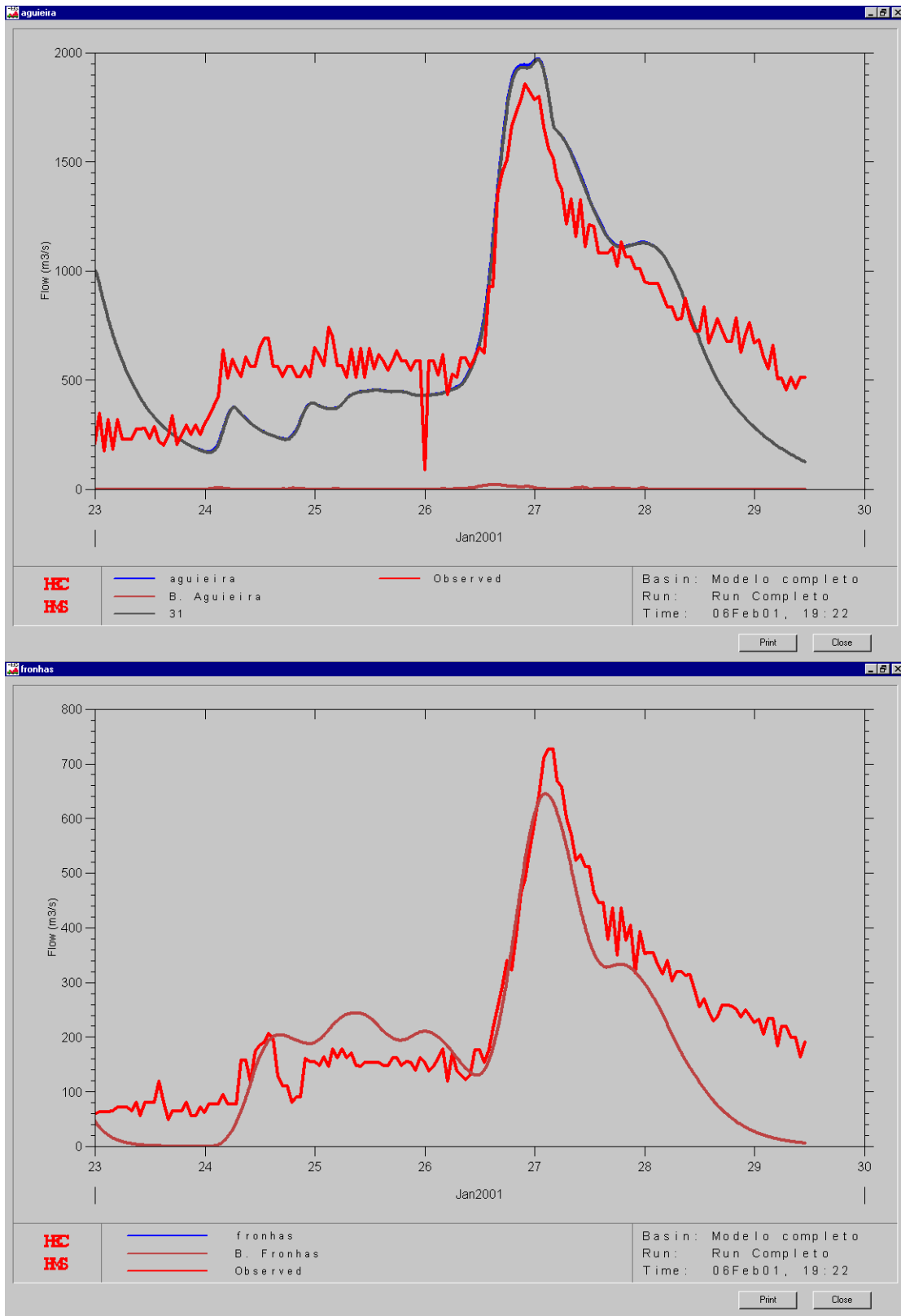


Fig. 8 – Calibração das afluições aos pontos de controlo (Aguieira e Fronhas) do modelo do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos do INAG

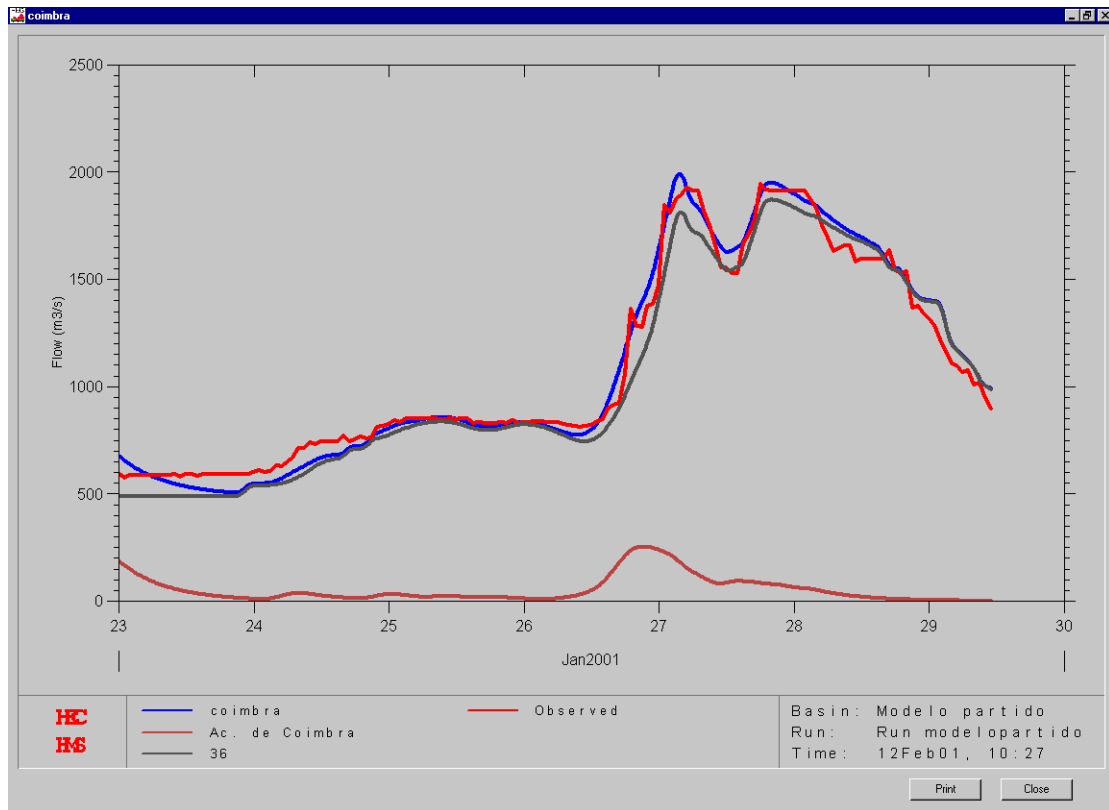


Fig. 9 – Calibração das afluências ao ponto de controlo mais a jusante (açude-ponte de Coimbra) do modelo do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos do INAG, que controlou as estimativas para o leito regularizado do Mondego.

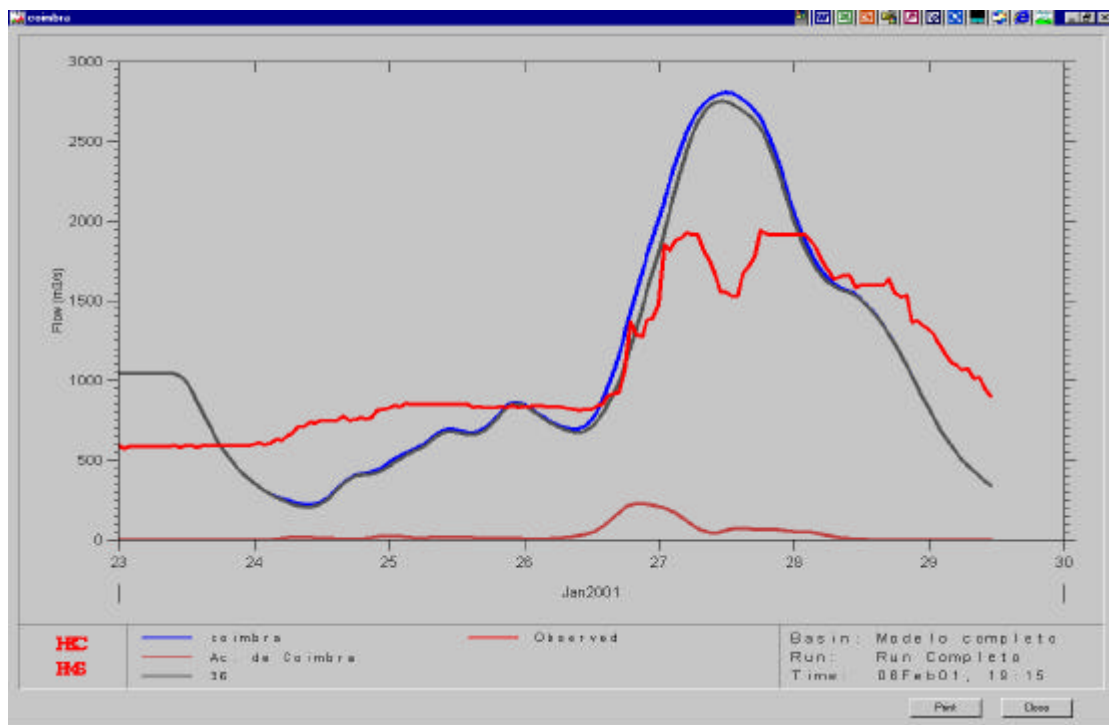


Fig. 10 – Simulação da ponta de cheia em regime natural que teria afluído ao açude de Coimbra durante o dia 27 de Janeiro de 2001 (a azul) e cheia observada (a vermelho).

Na Figura 10 é perceptível o controlo que foi efectuado a jusante na albufeira da Aguieira, tendo havido um encaixe substancial do volume de cheia (Fig. 11).

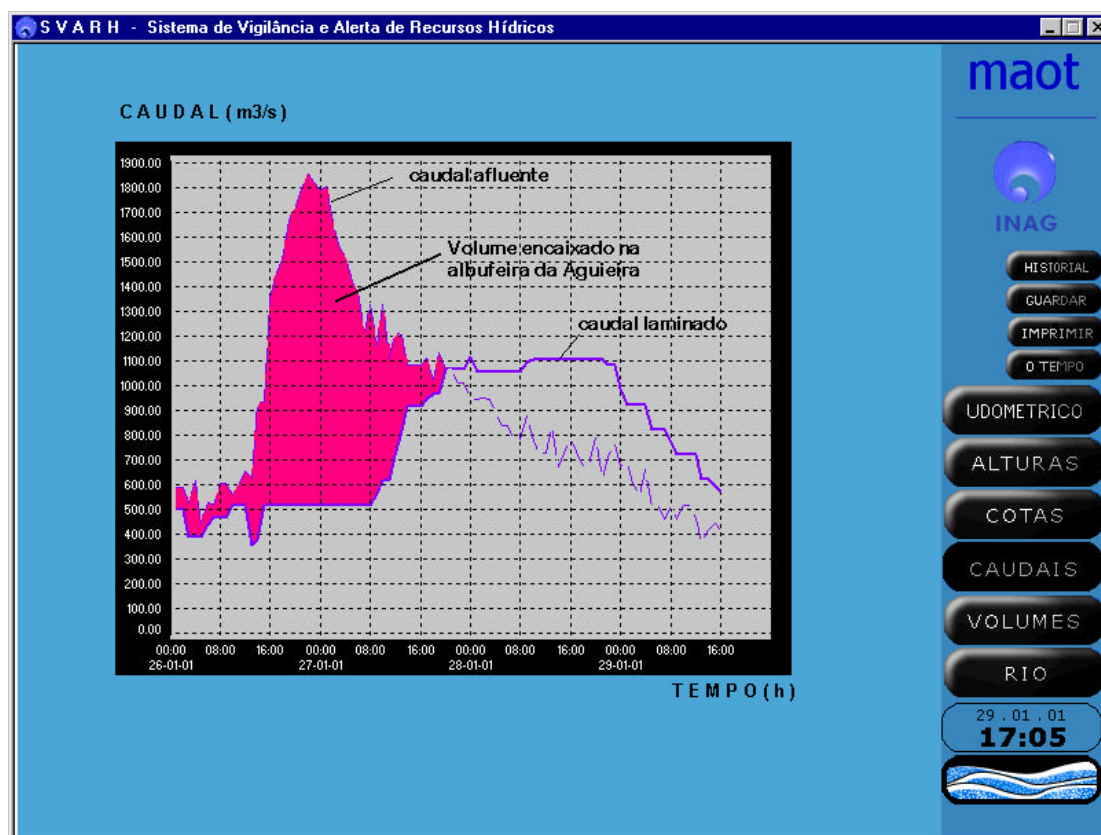


Fig. 11 –Laminação da cheia de 26-27/01/2001 na albufeira da Aguieira.

Para além da magnitude do volume de cheia encaixado, a Figura 11 é ainda elucidativa da rapidez da concentração da cheia — em três horas o caudal subiu de 600 para 1400 m³/s. Para essa subida imediata contribuíram as pendentes abruptas das cabeceiras NO da bacia, quer intensificando a ascensão das massas de ar, quer drenando directamente para a barragem da Aguieira.

Refira-se que para o primeiro pico verificado no açude de Coimbra, de 1990 m³/s, contribuíram cerca de 660 m³/s afluentes do rio Ceira que, como se sabe, é um rio não regularizado.

O modelo forneceu ainda os caudais de ponta de cheia nos vários afluentes do Mondego a Jusante de Coimbra, que se indicam abaixo:

Margem esquerda

- Vala de Pereira: 130 m³/s
- Rio Ega: 195 m³/s
- Rio Arunca: 615 m³/s
- Rio Pranto: 295 m³/s

Margem direita

- Rib^a de Ançã: 275 m³/s.
- Rib^a Foja: 185 m³/s

Para além da contribuição dos afluentes é considerada também a drenância das áreas contíguas ao próprio leito médio, agregadas numa extensão superficial única de cerca de 160 km² com desenvolvimento entre o açude-ponte e a foz.

Com base no modelo HMS o caudal afluente à Figueira da Foz teria sido:

- em regime natural, cerca de 3400 m³/s;
- com o encaixe na Aguieira, cerca de 2470 m³/s.

A distribuição do caudal ao longo do leito regularizado do Mondego entre Coimbra e a foz teve os seguintes valores críticos:

Picos de caudal entre Coimbra e Figueira da Foz

- Açude de Coimbra: 1990 m³/s
- Montemor-o-Velho: 1980 m³/s
- a jusante da rib^a de Foja: 2280 m³/s
- a jusante do rio Pranto: 2390 m³/s

A este respeito relembra-se que o caudal de dimensionamento do leito central do Mondego a jusante do açude-ponte de Coimbra é de 1200 m³/s.

FUNCIONAMENTO DOS MECANISMOS DE VIGILÂNCIA E ALERTA

O INAG, pelas responsabilidades que possui na gestão dos recursos hídricos nacionais e como agente de protecção civil, tem um papel activo na vigilância e alerta de cheias.

Foi já referido na introdução que, para além de disponibilizar, pelo Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH), todos os dados hidrometeorológicos relevantes ao Serviço Nacional de Protecção Civil, apoia também o planeamento das acções do SNPC suplementando a parte de previsão hidrológica.

A integração de todas as componentes de previsão constitui, em suma, a harmonização da cooperação entre o SNPC, o IM e o INAG. Estes mecanismos de cooperação, já consagrados há mais de um ano, constam basicamente das seguintes etapas:

- 1) o Instituto de Meteorologia vai acompanhando o desenvolvimento das previsões a três dias; com base nas previsões de um dia excepcional efectuadas com 24 horas de antecedência (já bastante mais seguras do que aquelas a três dias),
- 2) o INAG introduz como dados de entrada, nos modelos que simulam a hidrologia das principais bacias do País, os valores de precipitação em cada três horas fornecidos pelo IM, mas já decompostos em hietogramas de precipitação horária de forma a maximizar a concentração pluviosa;
- 3) daí saem as previsões dos valores máximos de caudal ou cota a atingir nos pontos críticos das bacias hidrográficas, bem como o tempo de pico ou tempos de submersão que são comunicados ao Serviço Nacional de Protecção Civil.

Durante o episódio das cheias de 26 para 27 de Janeiro de 2001, o procedimento foi o de sempre: utilizaram-se, no dia 25 de Janeiro, as previsões a 24 horas fornecidas pelo IM; activaram-se os modelos hidrológicos, e; foram comunicadas ao SNPC as estimativas.

As previsões hidrológicas para a bacia do Mondego no dia 26 de Janeiro foram apoiadas nos valores de precipitação previstos a 25 de Janeiro para os postos da rede sinóptica do IM nesta região: Coimbra e Viseu. Com base nessas previsões não foi possível, então, detectar qualquer valor anormal de caudal afluente à Aguieira no dia seguinte.

Durante o dia 26 de Janeiro, conforme iam sendo verificadas as projecções, detectou-se que o fenómeno se intensificava na área geográfica compreendida entre Coimbra e Viseu (faixa transversal ao Mondego entre as cabeceiras NO e SE, como foi já referido atrás).

As previsões hidrológicas foram então sucessiva e regularmente actualizadas com base nos dados em tempo real que iam chegando ao SVARH dos postos de precipitação do INAG, onde tiveram um papel chave os três postos já referidos na análise da precipitação (Caramulo/Varzielas, Oliveira do Hospital e Covilhã). Os resultados de cada simulação eram comunicados à CPPE e, perante o nítido agravamento da situação, também se intensificaram os contactos com o SNPC, com actualização periódica das estimativas (com grande ênfase também para o rio Águeda).

Em termos de previsões, se há ocasiões em que se pode afirmar a utilização da melhor tecnologia disponível este foi um desses casos. Os dois organismos ligados à previsão (IM e INAG) forneceram as melhores estimativas possíveis e procederam, em tempo real, à sua verificação e actualização. O fenómeno teve as características de intensificação orográfica difícil de prever mas, detectada a tempo, os seus efeitos puderam ser minorados.