

## PROCEDIMENTOS PARA A MONITORIZAÇÃO DE SECAS

Maria João Janota dos SANTOS<sup>(1)</sup> e António GONÇALVES HENRIQUES<sup>(2)</sup>

### RESUMO

Apresentam-se os procedimentos a desenvolver para a monitorização de secas meteorológicas, efectuada com base na análise da precipitação. Definem-se os intervalos de tempo a considerar para as análises intermédias de seca, bem como o intervalo de tempo em que se obtém a confirmação da seca. Os procedimentos descritos para a monitorização de secas fundamentam-se num modelo de distribuição de secas regionais. O modelo utilizado considera a distribuição espacial das secas, com maior importância num “núcleo”, a partir do qual evolui para áreas adjacentes, e permite atribuir um nível de risco associado à ocorrência das secas regionais.

A análise da seca resultante dos intervalos de tempo definidos permite o acompanhamento da situação da precipitação ao longo do ano hidrológico e a confirmação da seca antes do início do verão (posterior ao mês de Maio). Aos níveis de gravidade da seca obtidos em cada intervalo de tempo podem ser associados mecanismos a desencadear para a mitigação das secas.

**Palavras-chave:** Secas, Planeamento de Recursos Hídricos, Gestão de Recursos Hídricos, Precipitação.

---

<sup>(1)</sup> Engenheira Agrícola (UE) Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos (IST)

<sup>(2)</sup> Doutor em Engenharia Civil (IST)

*Instituto da Água (INAG), Av. Alm. Gago Coutinho 30, 1000 Lisboa, Portugal*

## **1 - INTRODUÇÃO**

Secas são ocorrências de situações com escassez de água, que se caracterizam por terem uma duração relativamente longa, por abrangerem áreas extensas e por terem repercussões negativas significativas nas actividades humanas e nos ecossistemas. Podem-se definir como situações excepcionais em que as disponibilidades hídricas são insuficientes para satisfazer as necessidades de água de determinada região.

As secas são percebidas de modo diferente em regiões com diferentes características climáticas, e com diferentes níveis de utilização de água, por constituírem situações extremas resultantes de interrelações entre os sistemas naturais, sujeitos a flutuações climáticas, e os sistemas construídos pelo Homem, com especificidades e vulnerabilidades próprias. Estes factores contribuem para a dificuldade de uma definição rigorosa e universal de seca e, conseqüentemente, de um modelo de abordagem para o seu estudo. Assim, podem-se encontrar várias definições de seca e, conseqüentemente, diferentes metodologias de análise. Vulgarmente distinguem-se secas climáticas, hidrológicas, agrícolas e urbanas (RODRIGUES *et al.*, 1993).

A definição de metodologias adaptadas para a monitorização de secas no território continental assume especial relevo, por forma a facultar análises periódicas das situações de seca.

## **2 - SISTEMA DE PREVENÇÃO DE SECAS**

A prevenção das secas passa pelo desenvolvimento de métodos de monitorização; aliada à prevenção, a protecção contra secas inclui medidas mitigadoras que podem ser direccionadas a partir da intensificação da monitorização de secas.

Na Figura 1 esquematiza-se o sistema de prevenção e protecção de secas. Tendo por base, em situação normal, a gestão de recursos hídricos, a análise e desenvolvimento de métodos de previsão e monitorização de secas que se revelam mais adaptados às diversas situações e a monitorização e avaliação de recursos hídricos, a situação de seca vai introduzir alterações nas estratégias de gestão de recursos hídricos, evidenciando-se a necessidade de intensificação da monitorização e avaliação de recursos hídricos. Esta intensificação, em conjunto com a avaliação periódica dos impactos da seca, orienta a implementação de medidas mitigadoras. A definição e implementação de medidas mitigadoras devem prever mecanismos de avaliação dos resultados obtidos com medidas já aplicadas, de modo a que a análise da sua eficácia permita fundamentar eventuais alterações (CUNHA, 1982).

Para além da monitorização, a prevenção de secas inclui a previsão, actualmente pouco eficiente tendo em consideração os aspectos de longo prazo que caracterizam as situações de seca. O desenvolvimento de métodos que permitam a prevenção das secas é fundamental, dadas as consequências graves destas situações, permitindo a caracterização de secas ocorridas no passado delinear os aspectos a considerar para a identificação e acompanhamento de secas em curso.

A monitorização de secas constitui um conjunto de análises a efectuar regularmente, com base num sistema de informação de recursos hídricos, que permitem conhecer em cada instante a gravidade da seca. Os indicadores fornecidos pela monitorização de secas permitem associar aos níveis de gravidade da seca mecanismos a desencadear para a sua mitigação, sendo para tal necessário dispor-se de informação relativa às actividades socio-económicas das regiões e à avaliação de medidas tomadas em situações de seca verificadas no passado.



Figura 1 - Sistema de prevenção e protecção de secas.

### 3 - ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DE SECAS

O estudo de secas passa pela definição da variável ou das variáveis que se consideram de importância para a análise, dos intervalos de tempo a que respeitam e dos critérios de referência a utilizar na análise dos défices e das áreas afectadas.

A análise da distribuição das secas é efectuada a partir do modelo regional (HENRIQUES e SANTOS, 1996; SANTOS, 1996), apresentado na Figura 2.

Os procedimentos para a análise de secas em determinada região consistem, sumariamente, em:

- determinação da severidade e das áreas em seca nos intervalos de tempo em seca, para as séries de variáveis instrumentais associadas a áreas elementares;
- simulação de séries mais longas das variáveis instrumentais a partir do modelo de simulação de séries sintéticas;
- determinação dos parâmetros das curvas severidade-área-frequência a partir das séries simuladas;
- análise dos valores de severidade calculados nas áreas da região em cada intervalo de tempo em seca por comparação com as curvas severidade-área-frequência e determinação dos períodos de retorno associados.

O modelo de distribuição de secas regionais (Figura 2) considera a distribuição normal das variáveis transformadas a partir do parâmetro regional de Box-Cox. Descrevem-se genericamente os passos de cálculo a efectuar para a análise de secas em cada intervalo de tempo em seca:

- No primeiro passo de cálculo ( $k=1$ ) é seleccionado o local  $i$  para o qual o valor absoluto da variável transformada padronizada  $z$  é maior, obtendo-se a respectiva área em seca, igual à área associada ao local  $i$ . O valor da variável na área em seca é igual ao seu valor na área  $i$  no intervalo de tempo considerado assim como o valor transformado. O valor médio da variável na área em seca e o desvio-padrão, são iguais à média e ao desvio-padrão amostral da série de valores transformados e constitui o valor da variável padronizado pela média.

- No segundo passo de cálculo ( $k=2$ ) selecciona-se outra área em seca adjacente. De entre todos os locais  $i$  com áreas adjacentes à do local seleccionado para  $k=1$ , selecciona-se aquele em que o valor absoluto da variável padronizada resultante da combinação das variáveis transformadas padronizadas  $z$  das duas áreas adjacentes tem o valor mais elevado. É ainda calculado o valor médio da variável na área em seca e o desvio-padrão.
- O cálculo prossegue entrando sucessivamente em cada passo de cálculo seguinte ( $k+1$ ), com os valores do local  $i$  cuja área adjacente à área de seca identificada, que resultam num menor valor da variável transformada padronizada  $z$ . Os valores da área em seca, da variável transformada padronizada, da média e do desvio padrão relativos à área em seca ( $k+1$ ) são calculados de forma análoga.
- O cálculo termina se todas as áreas da região forem abrangidas (seca na totalidade da área da região) ou se for obtido um valor de  $z$  superior ao valor limiar  $L$  definido (seca numa área inferior à área total da região).

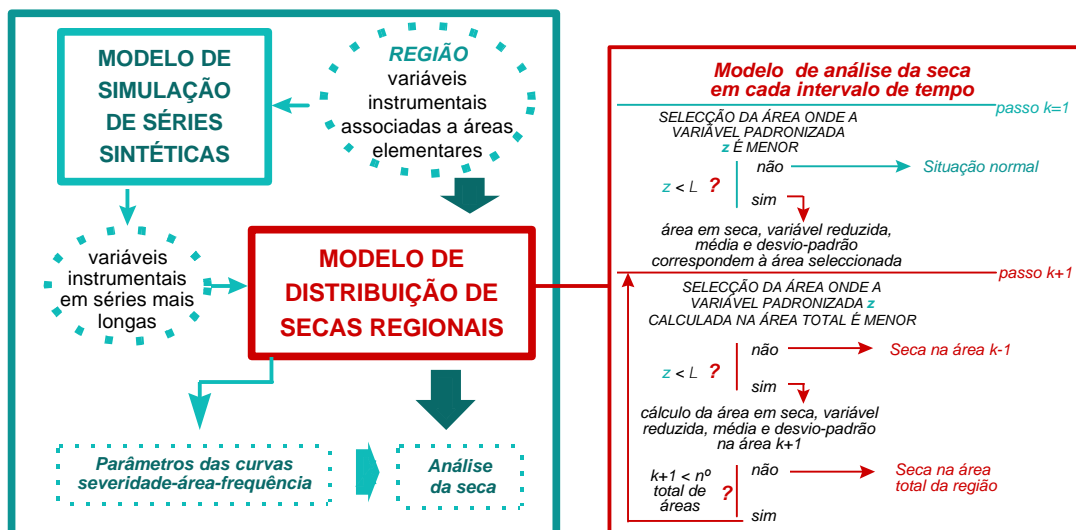


Figura 2 - Procedimentos da análise da distribuição regional de secas.

#### 4 - PROCEDIMENTOS PARA A MONITORIZAÇÃO DE SECAS

A adopção da variável ou das variáveis instrumentais na análise de secas é influenciada pela especificidade da situação em estudo, seja no que respeita à exigência própria do tipo de análise, ou à disponibilidade de informação.

A maior atenção dedicada à análise de séries de precipitação no estudo de secas deve-se não apenas ao facto da precipitação condicionar todas as outras variáveis instrumentais, mas essencialmente à existência de séries temporais extensas e à maior facilidade de tratamento da informação, admitindo-se que as séries de precipitação são estacionárias. No entanto, com a sensibilização para as questões relativas às modificações do clima, a análise de tendências nas séries de precipitação pode-se revelar indispensável, assim como o desenvolvimento de métodos de análise de variáveis não estacionárias (MATALAS, 1991).

A utilização das precipitações na monitorização de secas possibilita ainda a análise da totalidade do continente português. No entanto, e em especial em períodos longos de seca, a

monitorização da seca em curso deve ser complementada com outras variáveis, como o escoamento e o nível piezométrico.

Pelo exposto anteriormente, os procedimentos descritos têm por objectivo a monitorização de secas meteorológicas e são apresentados na Figura 3. Prevêem-se duas análises intermédias da seca, a efectuar após o mês de Janeiro e de Março, e correspondendo à precipitação de Outubro a Janeiro (relativa aos primeiros 4 meses do ano hidrológico) e de Outubro a Março (relativa aos primeiros 6 meses do ano hidrológico), respectivamente. A confirmação da seca é efectuada relativamente ao 8º mês do ano hidrológico, correspondendo à precipitação verificada de Outubro a Maio. A análise estatística da seca é efectuada com base na precipitação do ano hidrológico.

A informação relativa à precipitação é obtida a partir do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Uma vez que esta variável instrumental, ao contrário de outras como a evapotranspiração ou o escoamento, não é obtida de forma indirecta, o tempo entre a sua obtenção e utilização no modelo é reduzida, sendo suficiente a actualização mensal frequente da base de dados, ou seja:

- dispor da precipitação total de Outubro a Janeiro durante o mês de Fevereiro,
- actualizar a precipitação dos meses Fevereiro e Março durante o mês de Abril,
- actualizar a precipitação dos meses Abril e Maio durante o mês de Junho.

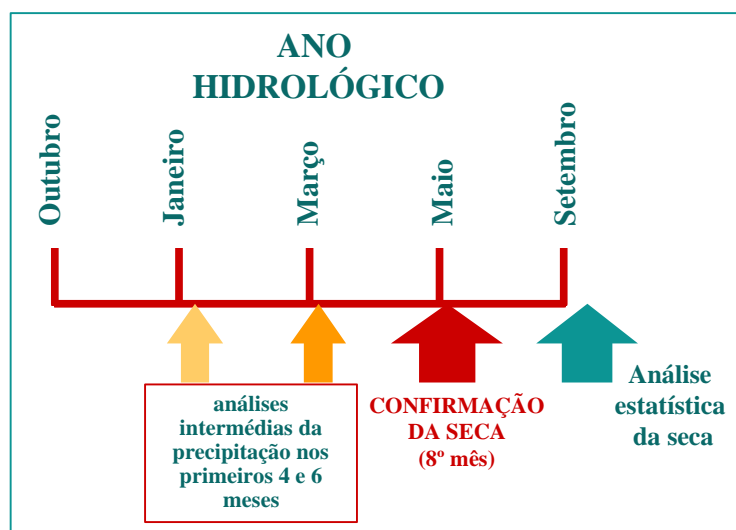


Figura 3 - Monitorização de secas baseada na análise de precipitações (seca meteorológica).

Na Figura 4 apresenta-se o exemplo de aplicação da metodologia desenvolvida para a monitorização de secas à parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Guadiana, no qual se seleccionaram os dois anos hidrológicos consecutivos de seca verificados no início da década de noventa (1991/92 e 1992/93). A aplicação da metodologia salienta os períodos de seca logo na primeira análise intermédia, obtendo-se tanto em 1991/92 como em 1992/93 a totalidade da área afectada. Esta primeira análise do ano hidrológico define já os contornos da seca, apesar da efectuada em 1992/93 ser determinada uma área superior à obtida posteriormente. O resultado desta primeira análise pode ser associado a um primeiro nível de alerta. A segunda análise intermédia aproxima-se da análise de confirmação da seca regional, obtida para a precipitação de Outubro a Maio. A confirmação da seca regional introduz um terceiro nível de alerta de seca.

Os resultados obtidos na análise estatística da seca, efectuada para o ano hidrológico (Figura 5), permitem concluir da importância das secas de 1991/92 e 1992/93: a seca de 1991/92 é associada a um período de retorno de 10 anos, enquanto a seca de 1992/93 é associada a um período de retorno inferior a 5 anos. Neste ano a seca não abrange a área total da região. A análise da confirmação da seca regional (obtida para a precipitação de Outubro a Maio) delineava já estes aspectos.

Procede-se neste momento à definição das séries e áreas a utilizar para a monitorização de secas na totalidade do território do continente Português, com o objectivo de estabelecer a metodologia desenvolvida. A divulgação dos resultados será efectuada através da Internet, endereço <http://www.inag.pt>.

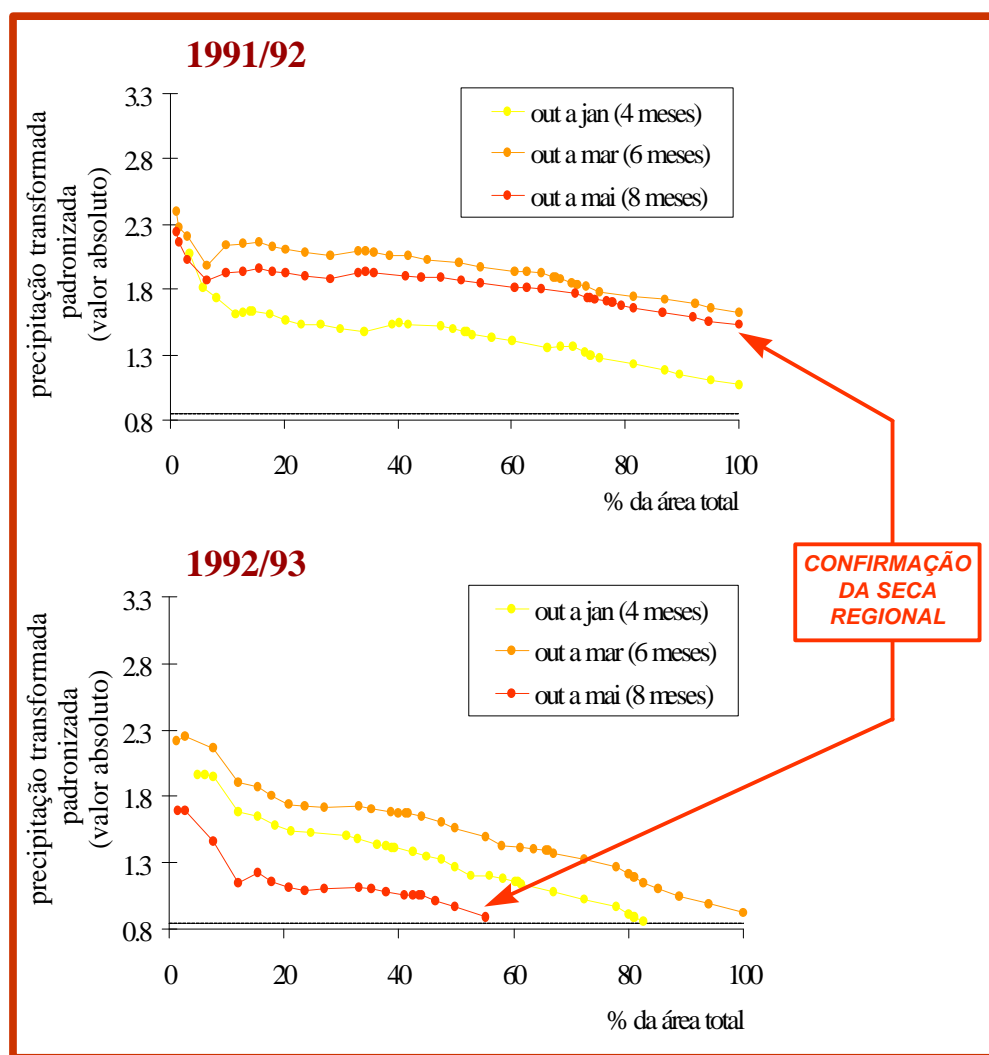


Figura 4 - Monitorização de secas - exemplo de aplicação da metodologia desenvolvida.

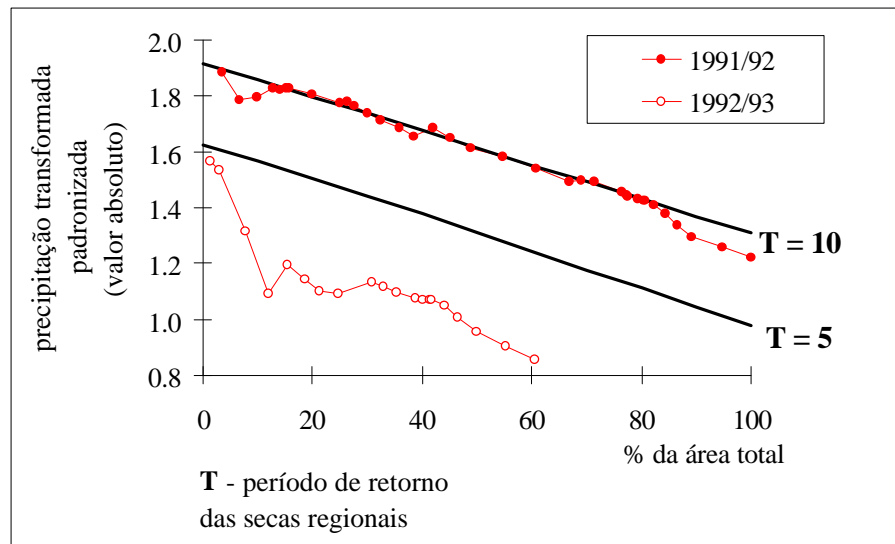


Figura 5 - Análise estatística das secas de 1991/92 e 1992/93

## BIBLIOGRAFIA

- CUNHA, L.V. - *As secas - caracterização, impactos e mitigação*. Secretaria de Estado do Urbanismo e Ambiente, Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa, 1982.
- HENRIQUES, A.N.F.G. - *Modelos de distribuição de frequências de caudais de cheia*. Tese de doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1990.
- HENRIQUES, A.G. e M.J.J. SANTOS - “Modelo de caracterização de secas regionais”, *3º Congresso da Água*, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos/Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Lisboa, Vol. II, 1996, pp.49-59.
- MATALAS, N.C. - “Drought description”, *Stochastic Hydrology and Hydraulics*. Vol.5, nº4, 1991, pp.255-260.
- RODRIGUES, R., M.A. SANTOS e F.N. CORREIA - “A seca na perspectiva da investigação hidrológica”. *Simpósio Catástrofes Naturais*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1993.
- SANTOS, M.J.J. - *Modelo de distribuição de secas regionais*. Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1996.