

A GESTÃO DE ESCASSEZ E SECAS ENQUADRANDO AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

THE WATER SCARCITY AND DROUGHTS' MANAGEMENT FRAMING CLIMATE CHANGE ISSUES

Eduardo Vivas

Aluno de Doutoramento, FEUP // Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto // evivas@fe.up.pt // associado APRH nº 1678

Rodrigo Maia

Professor Associado, FEUP // Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto // rmaia@fe.up.pt // associado APRH nº 753

RESUMO: As alterações climáticas (AC) são um dos maiores desafios do séc. XXI, cujos potenciais efeitos deverão ser atendidos, avaliados e prevenidos desde o nível mais local e nos mais diversos planos (social, ambiental, económico, etc). Por outro lado, na Europa, tem vindo a ser destacada nos últimos anos a importância de uma clara definição de medidas apropriadas às situações de escassez e secas, atento o agravamento das suas consequências devido às AC e porque uma situação de seca pode intensificar situações já problemáticas, onde exista um desequilíbrio entre disponibilidades naturais e utilizações (escassez). Os contributos à gestão de escassez e secas, apresentados no presente artigo, desenvolvidos na FEUP por aplicação ao caso de estudo do Guadiana, têm por base a utilização de indicadores e modelos numéricos de simulação, permitindo maior flexibilidade, prevenção e capacidade de antecipação na gestão dessas situações. Pôde ser constatado que, com a devida adequação de cenários climáticos e de utilização da água, à escala espacial e temporal corrente na Gestão dos Recursos Hídricos, esses desenvolvimentos poderão contribuir para o processo de adaptação às AC.

Palavras-chave: Adaptação, flexibilidade, indicadores, modelos, simulação.

ABSTRACT: The Climate Change (CC) is one of the greatest challenges of the XXIst century and its effects shall be attended, evaluated and prevented right from the local level and in several matters (social, environmental, economic, etc.). On the other hand, in last years in Europe, has been enhanced the importance of a clear definition of appropriate measures for Water Scarcity and Droughts' situations, regarding the expected aggravation of their impacts due to CC and since a drought situation can intensify concerning situations where there is already an imbalance between natural availabilities and existing water uses (water scarcity). The contributions for water scarcity and droughts' management, described in this article, work under development at FEUP, for the Guadiana's basin case study allow an enhanced flexibility, prevention and anticipation capacity, being funded on decision support tools such as indicators and simulation models. It is possible to verify that, with adequate climate and water use scenarios, on proper Water Resources Management time and spatial scales, the work herewith presented can contribute to the adaptation process to CC.

Keywords: Adaptation, flexibility, indicators, models, simulation.

1. ENQUADRAMENTO GERAL

As situações de seca e de escassez constituem problemas de elevada complexidade, cujos impactos, bastante significativos, têm levado a uma preocupação crescente entre os diferentes estados-membro da União Europeia (UE, 2007b). Por outro lado, é expectável que as Alterações Climáticas (AC) venham a impor pressões adicionais, tanto na afectação das disponibilidades globais, como na severidade e frequência de ocorrência de secas (UE, 2007; UE, 2007b). Neste contexto, como foco do presente artigo, importa analisar em que medida as AC poderão afectar as situações de seca e escassez, e prever se as soluções de gestão em desenvolvimento na FEUP, serão capazes de se adequar ao enquadramento desta problemática.

1.1. O desafio das Alterações Climáticas

Por AC entendem-se as alterações das características climáticas (precipitação e temperatura) de uma determinada região, de forma persistente, por um período prolongado (décadas ou superior) (IPCC, 2007). Esta definição deixa em aberto a origem das AC, podendo ser decorrentes da actividade humana, ou de factores naturais que influenciam a variabilidade do clima. Ainda assim, a relação entre os níveis de gases de efeito de estufa (GEE) na atmosfera, em particular de CO₂, e os níveis de aquecimento global do planeta dos últimos 100 anos, tornam provável uma intensificação dessas alterações ao longo do séc. XXI (IPCC, 2007; UE, 2007).

Embora exista ainda um elevado nível de incertezas quanto aos efeitos reais dessas alterações nas distintas regiões do mundo, o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), definiu uma base de cenários de emissões de GEE (IPCC, 2000) que, com auxílio de modelos climáticos, permitem estimar a evolução expectável da temperatura à escala mundial, até ao final do séc XXI (IPCC, 2007). Além disso, estudos para a Península Ibérica e Portugal (SIAM, 2002; SIAM II, 2006), permitiram, segundo o esquema definido pelo IPCC, ter uma avaliação um pouco mais detalhada do desafio que as AC poderão constituir relativamente à variação da temperatura média até ao final do séc. XXI (Figura 1).

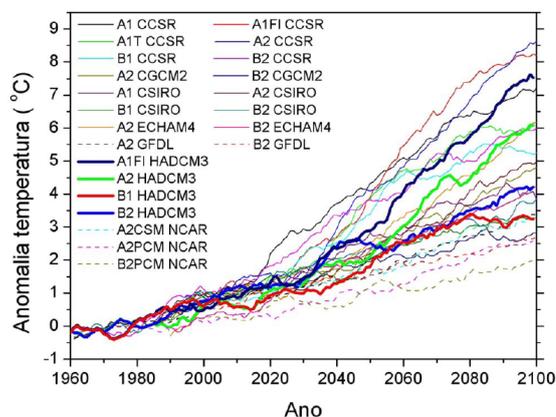


Figura 1 - Espectro de projecções segundo diversos cenários de emissões e diferentes modelos climáticos, da variação da temperatura média para a Península Ibérica (SIAM II, 2006).

Por outro lado, o aquecimento global conduzirá a alterações nos padrões de distribuição espacial e temporal da precipitação, bem como nas características dos seus extremos (IPCC, 2008), tal como surge destacado: (i) na Figura 2, com a representação da expectável afectação da precipitação anual média, por comparação com valores do período 1961-1990, segundo o cenário A2 de emissões (IPCC, 2000) e com base nos resultados de dois modelos climáticos regionalizados para a Europa e (ii) na Figura 3, com a previsível evolução da frequência de ocorrência de secas classificadas como severas (actual período de retorno de 100 anos) considerando uma variação face às características actuais do clima e utilizações de água (1961-1990), com base nas projecções dos modelos climáticos ECHAM4 e HadCM3 e em cenários de emissões ligeiramente acima do cenário A1B (IPCC, 2000).

1.2. Adaptação às AC na Europa

A UE tem vindo a assumir uma posição de vanguarda e de acção em relação às AC, destacando dois conceitos principais: mitigação e adaptação (UE, 2007). Nesse contexto, recentes desenvolvimentos apresentados com o Livro Branco das AC (UE, 2009)

¹ Ver DMI/ Prudence Project (<http://prudence.dmi.dk/>) e PESETA Project (<http://peseta.jrc.ec.europa.eu/>).

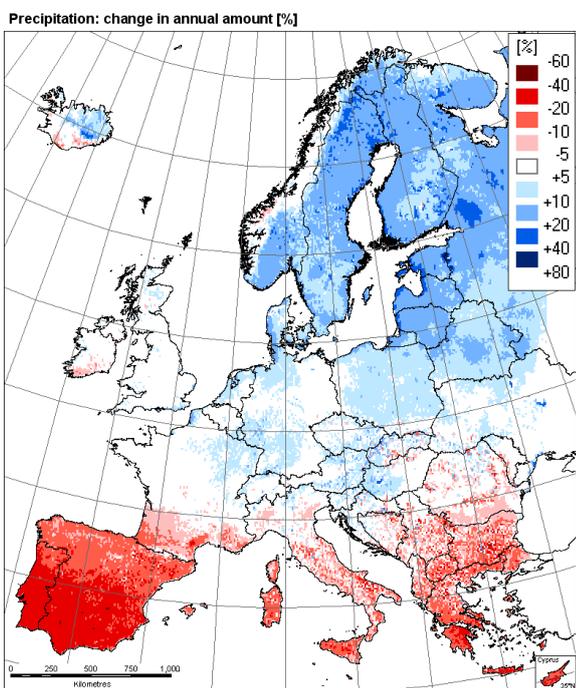


Figura 2 - Variação na precipitação média anual no final do séc. XXI (UE, 2007).

apontam para uma prévia avaliação da potencial afectação de diferentes domínios, incluindo da Gestão dos Recursos Hídricos (GRH). Sendo o sul da Europa apontado como uma das regiões mais afectadas, prevê-se que as AC irão impor fortes impactos nos recursos hídricos (UE, 2009a; IPCC, 2008; Brekke, et al, 2009) nomeadamente: alterações na disponibilidade de água, com diminuição dos níveis médios de escoamento e intensificação da sazonalidade; aumento dos problemas de qualidade da água devido a temperaturas mais elevadas e fenómenos extremos mais frequentes; e, afectação de sectores-chave da economia, de forma transversal, bem como dos ecossistemas e da biodiversidade. São igualmente apontadas medidas que permitem facilitar o processo de adaptação às AC nesta matéria (UE, 2009a):

- Abordagem integrada da gestão da água;
- Adopção conjugada de medidas do lado da “procura” e do lado da “oferta”, incluindo medidas estruturais designadas por “cinzentas” (referindo-se às tradicionais obras de Engenharia) e “verdes” (ao nível do reforço dos ecossistemas) e de intervenção não estrutural, conducentes a mudanças comportamentais (e.g. incentivos económicos);

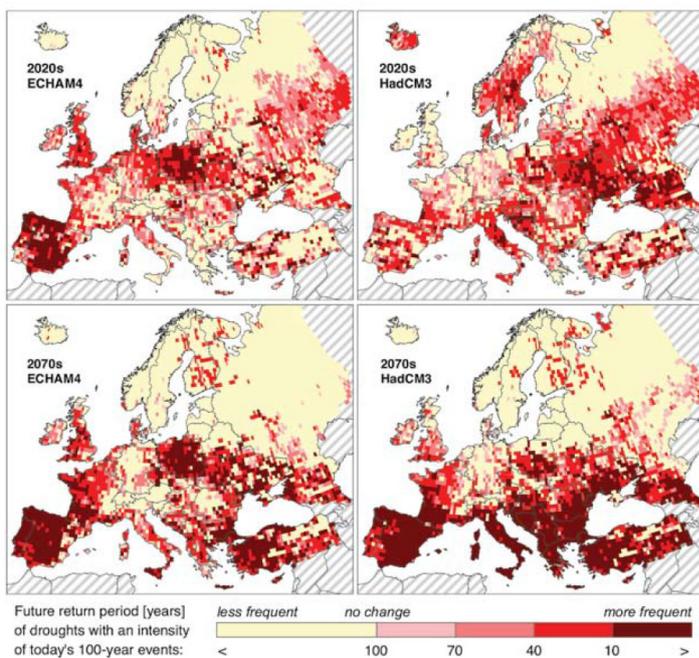


Figura 3 - Evolução, ao longo do século XXI, do futuro período de retorno para as actuais secas de severidade correspondente a um período de retorno de 100 anos (Lehner et al, 2006; IPCC, 2008).

- Utilização dos instrumentos legais já existentes, nomeadamente a Directiva-Quadro da Água (DQA), cujos planos de gestão de Região Hidrográfica, previstos levar a cabo de forma regular (ciclos de 6 anos), se apresentam como suficientemente flexíveis para inclusão da avaliação de impactos das AC, bem como das medidas necessárias;
- Consideração das AC nos pressupostos base para elaboração de projectos de longo prazo que dependam, de alguma forma, das características do clima [e.g. aproveitamentos hidráulicos].

Além disso, tem vindo a ser reforçado (UE, 2009a) o papel da investigação para melhor compreensão e modelação da afectação do ciclo hidrológico pelas AC, bem como dos impactos sobre a água, avaliando a dimensão socio-económica dos mesmos e desenvolvendo ferramentas que facilitem a abordagem integrada de avaliação de medidas de mitigação e adaptação.

1.3. Adaptação às AC em Portugal

Em Portugal, o Programa SIAM – Scenarios, Impacts and Adaptation Measures (SIAM, 2002; SIAM II, 2006) proporcionou a primeira avaliação multisectorial de potenciais efeitos das AC, com base em projecções de cenários climáticos futuros, ainda que numa resolução espacial reduzida (área de análise mais vasta que a escala de região hidrográfica).

Foram apresentados resultados, considerando três projecções climáticas no que toca à anomalia de precipitação média, anual e para as diferentes estações do ano, até ao final do séc. XXI (Figura 4), e à geração de escoamento para o ano horizonte de 2100 (Figura 5). Importa notar que, neste último caso, a avaliação do escoamento, em regime natural, foi obtida com recurso ao modelo de simulação hidrológica de Temez (Temez, 1977), partindo das projecções consideradas.

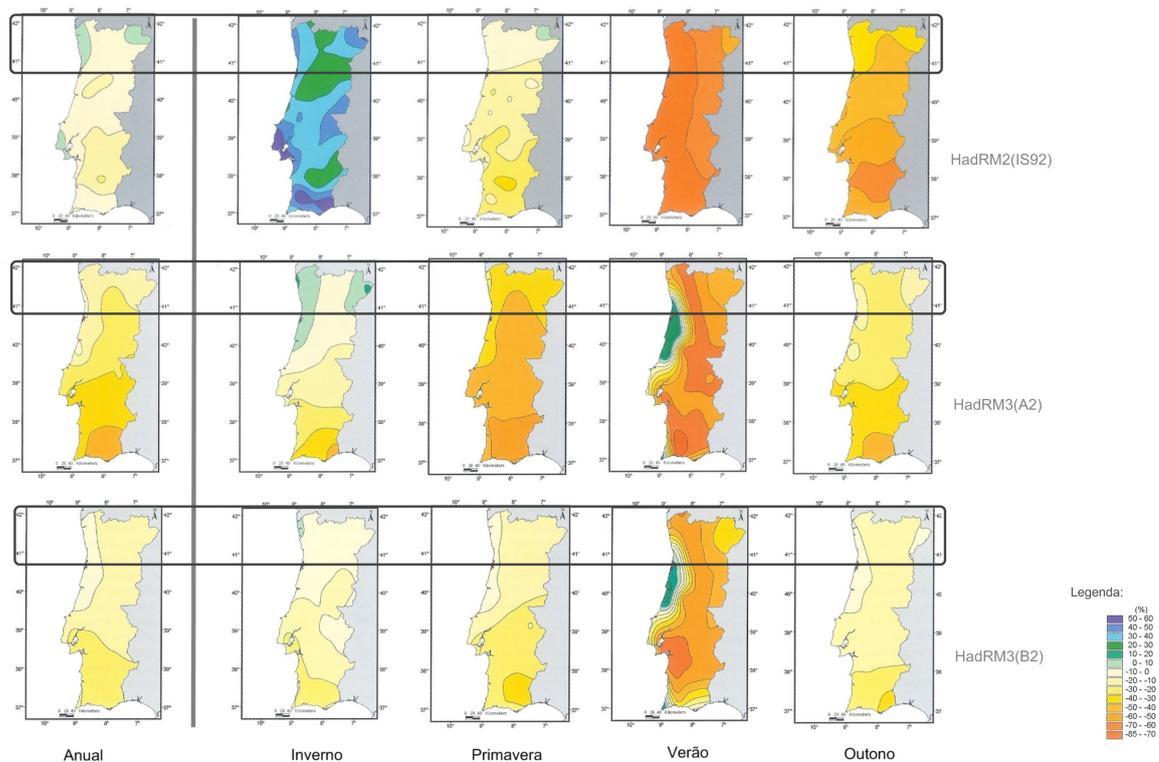
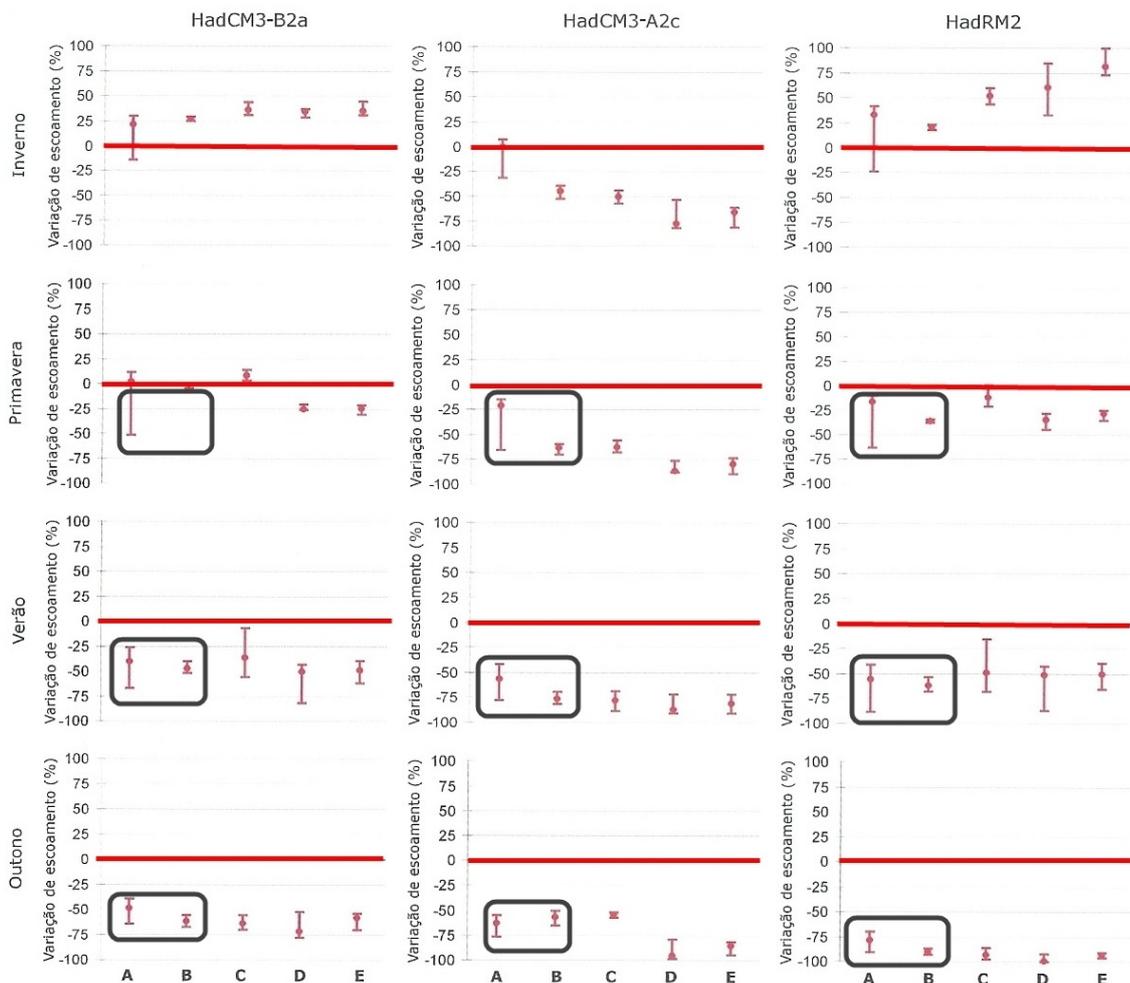


Figura 4 - Anomalia da precipitação para Portugal Continental, segundo três projecções climáticas, até ao final do séc. XXI em percentagem da simulação de controlo (adaptado de SIAM II, 2006).

Considerando a região norte (salientada nas figuras 4 e 5), tradicionalmente mais húmida, é possível verificar que as projecções para a anomalia da precipitação (Figura 4) seguem uma tendência de forma geral negativa, podendo indicar uma afectação na ordem dos 30%, em termos anuais, com redução mais elevada em determinadas épocas do ano (em especial no Verão), ainda que com ligeiro incremento nos valores

de precipitação no Inverno e, pontualmente em alguns locais (nordeste transmontano e na orla de influência marítima do Douro litoral e Vouga) também noutras estações do ano. De igual forma, para a região norte, no que toca ao escoamento superficial (Figura 5), verifica-se uma redução em todas as estações do ano, com excepção do Inverno.



Legenda:
 A- Norte do Douro
 B- Sul do Douro, Vouga e Mondego
 C- Tejo
 D- Sado, Mira e Guadiana
 E- Algarve

Figura 5 - Variação do escoamento médio sazonal, para Portugal Continental, para o final do séc. XXI, considerando 3 projecções climáticas de base face à simulação de controlo (adaptado de SIAM II, 2006).

2. A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ E SECAS

Os resultados do grupo de trabalho da UE dedicado à temática da escassez e secas (UE, 2007a) destacam a importância de uma clara definição de medidas apropriadas a estes problemas na Europa, num expectável agravamento com as AC.

2.1. Conceitos base e orientações da UE em relação à escassez e secas

Nesta temática, é importante distinguir as características de cada um dos fenómenos. A seca é identificada como um fenómeno natural, podendo assumir consequências extremas, enquanto anomalia transitória das condições de precipitação numa dada área, durante um certo período de tempo. A escassez, por sua vez, é entendida como um fenómeno distinto, nomeadamente a nível Europeu, correspondendo a um excesso da "procura" face às disponibilidades naturais existentes, reflectindo uma avaliação de longo prazo. Não havendo definição universalmente aceite, são apontados três componentes essenciais: (i) as necessidades existentes, (ii) a fracção de água que pode ser mobilizada e (iii) as escalas temporal e espacial consideradas (Vivas, E., Maia, R., 2008).

Uma situação de seca pode, então, potenciar e/ou agravar situações de desequilíbrio entre as disponibilidades naturais e as necessidades para as principais utilizações (escassez), numa qualquer região hidrográfica. A potencial diminuição das disponibilidades naturais e intensificação de conflitos entre diferentes sectores utilizadores, bem como a potencial maior frequência na ocorrência de situações de seca de maior severidade, resultado de alterações no ciclo hidrológico provocadas pelas AC, poderão conduzir a impactos exacerbados e bastante significativos.

As conclusões destacadas pelo grupo de trabalho dedicado à escassez e secas (UE, 2007a), bem como na comunicação efectuada pela Comissão Europeia nesta matéria (UE, 2007b), permitem salientar os seguintes pontos cruciais de necessário desenvolvimento:

- Indicadores de avaliação (seca e escassez)
- Planos específicos de gestão de seca
- Sistemas de alerta precoce (seca)
- Monitorização e avaliação de impactes (seca e escassez)
- Adaptação às AC (seca e escassez)

Analisando o ponto de situação nestes domínios para Portugal e Espanha, é possível comprovar que, em termos gerais, este último país se encontra numa fase mais avançada. De facto: os indicadores

de seca (índice de estado) que constituem a base de avaliação dos planos especiais de seca (elaborados e implementados para todas as bacias) estão já em fase operacional; têm sido dados os primeiros passos no desenvolvimento de sistemas de alerta precoce de situações de seca por recurso à utilização de modelos para simulação do potencial estado futuro das origens de água (Andreu et al, 2007); e, por último, encontra-se em desenvolvimento o Plano Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (MMAE, 2006) cujos primeiros resultados (MMAE, 2008), demonstram que existe já uma base de cenários climáticos ao nível regional para toda a Espanha, estando sob processo de adaptação para simulação e integração efectiva nas actividades de GRH.

No caso de Portugal, pode-se dizer que, não obstante algum evidente atraso naqueles domínios, estão, ainda assim, estabelecidas as bases necessárias para os desenvolvimentos identificados, a levar a cabo. Assim:

- No que respeita aos indicadores de avaliação, o Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos - SVARH (Rodrigues et al, 2003) constitui a base de avaliação actual para a gestão de situações de seca. Sendo mais orientado para a avaliação de cheias, não permite a avaliação de secas de forma agregada, i.e. através de uma classificação única global, nem incorpora a importância das utilizações existentes. Deste modo, está a ser promovido o estabelecimento da base para um Sistema de Previsão e Gestão de Secas (fundado em indicadores de avaliação), que permitirá fomentar um alerta precoce, além de melhorar o processo de gestão deste tipo de situações (trabalho em que estão também envolvidos os autores do presente artigo).

De acordo com as orientações do Projecto SIAM (SIAM, 2002; SIAM II, 2006), anteriormente referido, e que constituiu a primeira abordagem à integração da problemática das AC na GRH, impõe-se um estudo mais aprofundado e consequente elaboração de programas de medidas, conforme previsto na Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (CAC, 2009).

2.2. Desenvolvimentos em Portugal na temática da escassez e secas

O desenvolvimento de indicadores/índices de avaliação destaca-se como fundamental para sistematização do processo de gestão e prevenção de secas (Heim Jr, 2002; Steinemann et al, 2005). De facto, estes instrumentos de apoio à decisão possibilitam a detecção e monitorização de condições de seca, a determinação do tempo de actuação e dos níveis de resposta necessários, e ainda a caracterização e comparação de diferentes situações de seca. Os indicadores/índices são, assim, primordiais para a elaboração de planos de gestão (Tsakiris et al; 2007;

DG ENV EC, 2007) e facilitam a utilização de modelos de apoio à decisão para simulação de situações futuras (Andreu et al, 2007).

Nessa linha, o presente artigo toma por base alguns trabalhos que os autores têm vindo a desenvolver neste domínio. Com vista à implementação de um Sistema de Previsão e Gestão de Secas (ver também 2.3 Caso de estudo – Guadiana) foi concebido um esquema de base para avaliação dessas situações em Portugal, representado simplificadaamente na Figura

6 e que deverá ter por base a avaliação contínua de indicadores, reflectindo a afectação sequencial das diferentes fases do ciclo hidrológico, aquando de uma seca. De acordo com os diferentes graus de afectação de cada uma das fases consideradas, avaliadas a partir de variáveis representativas e também da importância dos impactos sobre os diferentes sectores utilizadores, será definido um nível de severidade global que permitirá estabelecer um nível de alerta de seca, com a selecção das medidas necessárias.

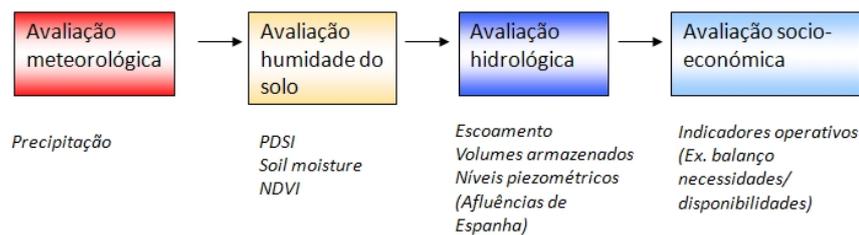


Figura 6 - Esquema sequencial de avaliação de secas de acordo com a afectação das diferentes fases do ciclo hidrológico.

Além da monitorização contínua, a associação de modelos numéricos de simulação, visando a representação das duas últimas fases de avaliação – hidrológica e socio-económica –, permitirá efectuar a simulação de condições futuras, a partir de cenários de evolução das condições meteorológicas e de utilizações. Deste modo, para além da avaliação de secas, fundada em indicadores, permitindo avaliar a situação presente, deverá ser possível abordar a problemática da escassez, realçando a importância

das utilizações na maior ou menor vulnerabilidade a situações de seca (a curto prazo) ou de sustentabilidade futura (a longo prazo).

O esquema geral de funcionamento de todo o sistema, incluindo a componente de simulação e de registo de impactos reais (para validação contínua de todo o esquema de avaliação, a considerar em fase posterior de desenvolvimento), está representado na figura seguinte (Figura 7).

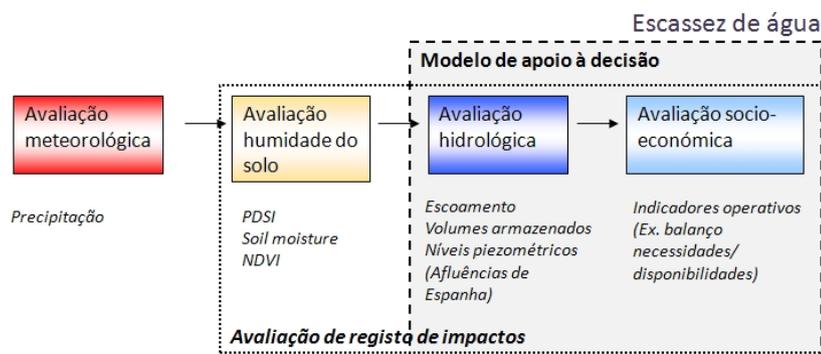


Figura 7 - Esquema possível de funcionamento do sistema global (avaliação de secas e escassez).

2.3. Caso de estudo - Guadiana

A parte portuguesa da bacia do Guadiana (Figura 8) corresponde a uma zona de natural aridez, regularmente afectada por situações de seca (responsável por largos prejuízos, em particular na agricultura) e dependente dos volumes de escoamento provenientes de Espanha devido ao seu carácter transfronteiriço, especialmente relevante em situações de seca (INAG, 2000; Maia, 2009). Além disso, de acordo com dados do Plano Nacional da Água (INAG, 2001), o consumo de água mais representativo na região (94%) destina-se à rega, valor que irá ser intensificado com o empreendimento de fins múltiplos do Alqueva (previsto estar inteiramente operacional em 2012/13)

e consequente desenvolvimento da agricultura de regadio na região. Atendendo a estas características, o Guadiana foi o caso de estudo seleccionado para o desenvolvimento conceptual e aplicação do possível sistema de monitorização e avaliação de secas e escassez. Este é um trabalho que ainda se encontra em desenvolvimento, nomeadamente no âmbito da investigação de doutoramento de um dos autores do presente artigo, e como tal, serão apenas apresentadas algumas soluções parcelares de implementação da metodologia descrita, procurando, demonstrar a validade e potencialidade da aplicação de um sistema do género na gestão de situações de seca e escassez, perspectivando a incorporação e contribuição do mesmo na adaptação às AC.

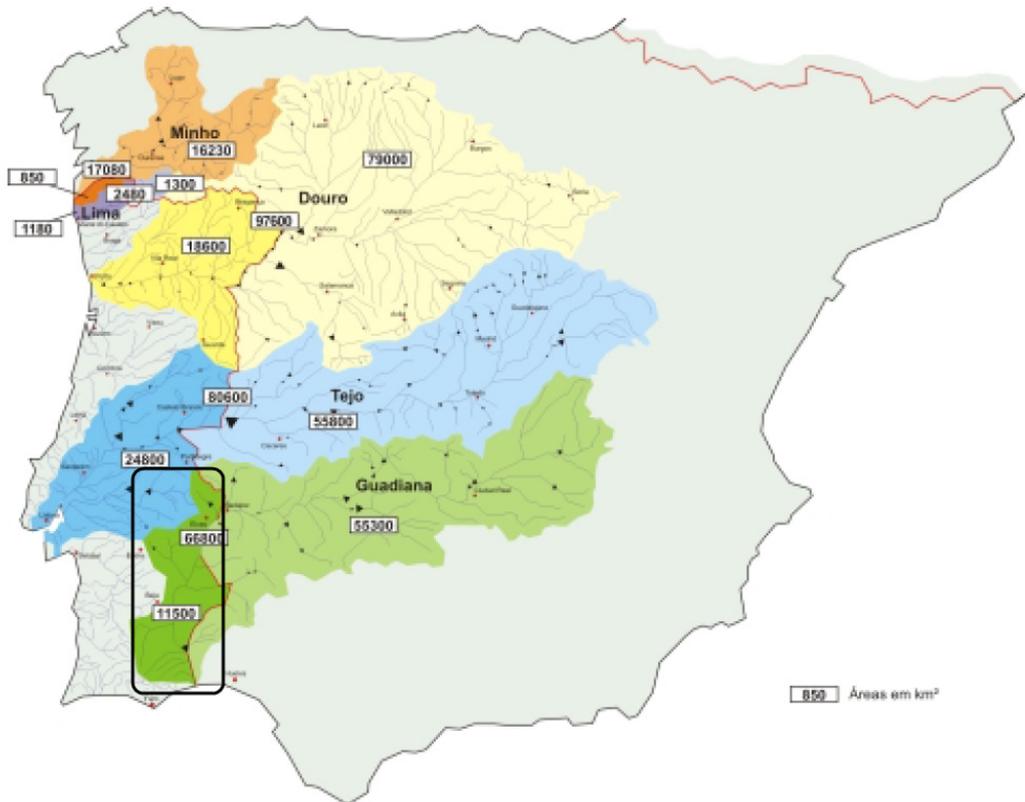


Figura 8 - Parte portuguesa da bacia do rio Guadiana (Adaptado de INAG, 2001).

De acordo com o descrito no ponto anterior, foram identificadas as variáveis representativas de cada fase do ciclo hidrológico, bem como os modelos que poderiam adequar-se à simulação de situações futuras na mencionada bacia. Os modelos numéricos

usados foram o modelo de simulação-hidrológica Temez (Temez, 1977), que permite a geração de séries de escoamento natural, a partir de dados de precipitação e temperatura mensais e ainda o modelo de balanço hídrico Aquatool (Andreu et al, 1996) que,

com recurso às séries de escoamento geradas pelo Temez e aos volumes mensais de consumo para as diferentes utilizações, permite simular as condições das principais origens de água (como o volume armazenado em albufeiras). Importa notar que, na falta de dados mais detalhados, foram consideradas os volumes de consumos previstos nos elementos de projecto dos diferentes empreendimentos hidráulicos (Vivas, E., Maia, R., 2008a).

No que toca à avaliação de secas é, então, possível partir da análise das condições de precipitação, que constituem a base do despoletar destas situações.

Na Figura 9 é demonstrado como tal poderá ser conseguido, aplicando o índice Standardized Precipitation Index (McKee et al, 1993) a valores de precipitação acumulados a 12 meses, de 38 estações meteorológicas consideradas representativas (activas e com comprimento de registo significativo – mais de 40 anos), da rede SNIRH (SNIRH, 2008). O período de avaliação considerado (12 meses) foi escolhido por permitir obter resultados mais próximos da duração global dos efeitos de uma situação de seca (Mendes, 2008; CHG, 2007).

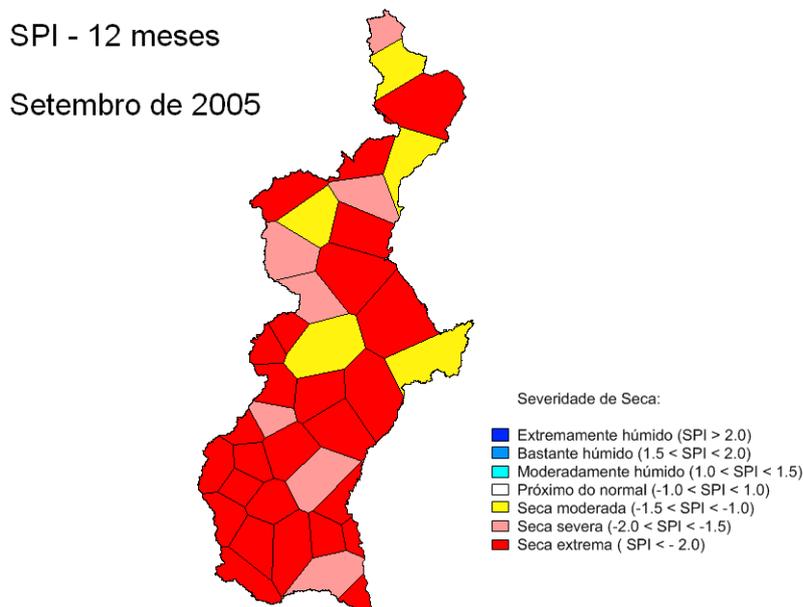


Figura 9 - Avaliação das condições de precipitação em Setembro de 2005, com recurso ao SPI (12 meses), para 38 estações meteorológicas da rede SNIRH na parte Portuguesa da bacia do Guadiana.

A partir desta avaliação, tal como descrito na Figura 6, deve ainda ser analisada a evolução das variáveis humidade do solo, escoamento, níveis piezométricos e volumes armazenados em albufeiras, representativas de distintas fases do ciclo hidrológico. Na Figura 10 é apresentada a evolução dos níveis piezométricos do aquífero Estremoz-Cano, na parte correspondente à bacia do Guadiana.

Importa realçar a dificuldade de obtenção de dados de humidade do solo, com vista à avaliação do estado das culturas agrícolas de sequeiro, bem como a

reduzida qualidade geral dos dados referentes à rede piezométrica do SNIRH para esta área (reduzida dimensão das séries de registos e ocorrência de muitas falhas), dificultando a avaliação contínua e identificação de tendências nas águas subterrâneas. Depois de avaliadas todas as variáveis disponíveis (precipitação, escoamento, níveis piezométricos, volumes armazenados em albufeiras) a avaliação da severidade global de seca deverá ser obtida por ponderação das mesmas, de acordo com a importância relativa das utilizações existentes na região e adequando

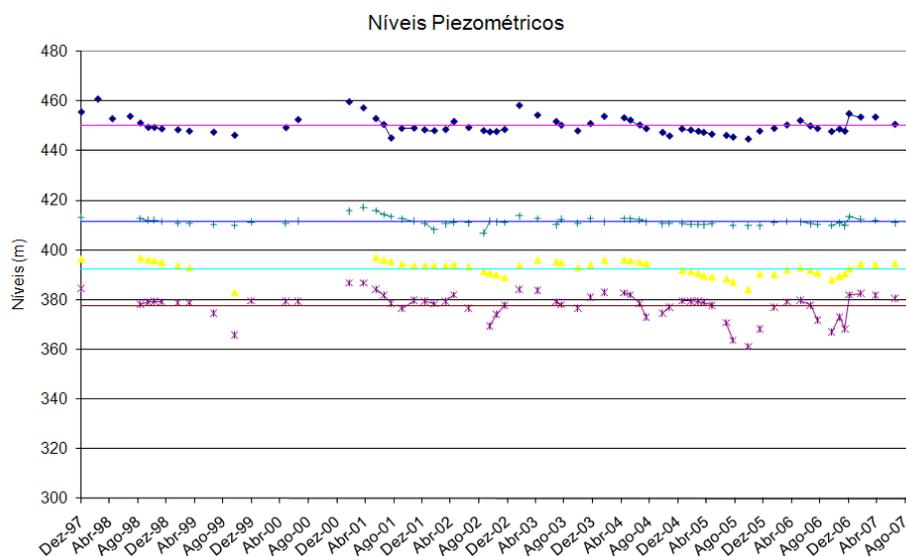


Figura 10 - Avaliação dos níveis piezométricos e respectivas médias, dos piezómetros existentes no aquífero Estremoz-Cano, para a área da bacia do Guadiana.

à correspondente relevância socio-económica na área em causa. Este procedimento, ainda em estudo e dependente das características da região em análise, irá servir de base à estipulação de um nível de alerta de seca e das medidas correspondentes a adoptar.

Por outro lado, recorrendo à utilização dos modelos referidos (Temez e Aquatool), é possível avaliar as tendências de evolução futura do estado das principais origens de água existentes. Definindo cenários de evolução das condições de precipitação e temperatura (tomando por exemplo situações de referência como a Seca 2005), bem como das necessidades mensais das principais utilizações (assumindo os consumos previstos em projecto, tal como descrito anteriormente), para as diferentes origens, será possível avaliar a vulnerabilidade das mesmas nos meses seguintes. Na Figura 11 é possível verificar como uma simulação dos níveis da albufeira do Enxoé, no ano 2004/05, admitindo a precipitação realmente ocorrida na correspondente bacia hidrográfica e os cenários de procura de acordo com os níveis médios de utilizações, se aproxima dos valores efectivamente verificados.

Além disso, fazendo uma avaliação a mais longo prazo (à escala das décadas) será possível avaliar as condições de sustentabilidade de uma dada origem, versando, desta feita, a temática da escassez. A utilização destas ferramentas, associada à definição de cenários de disponibilidades (de base meteorológica) e de utilizações (actuais e futuras) torna possível a avaliação do comportamento a longo prazo das

diferentes origens de água. Na Figura 12 é possível verificar, para a albufeira de Lucefecit, a variação dos volumes armazenados, assumindo como cenários base, as condições meteorológicas idênticas às dos últimos 45 anos e os níveis médios de utilizações associados a essa origem (dados de projecto).

Apesar de se tratar de um exemplo, é, assim, possível verificar a adequação destes modelos à simulação da evolução do estado da origem face aos níveis mínimos de exploração e de enchimento máximo. A plena aplicação de um sistema de avaliação deste tipo integrando cenários de AC na gestão de escassez e secas será, assim, natural e enquadrável, mas dependerá ainda da definição de cenários climáticos e da correspondente afectação das principais utilizações de água, ao nível de região hidrográfica, conforme já evidenciado no âmbito do Projecto SIAM (SIAM II, 2006).

3. ESCASSEZ DE ÁGUA E SECAS VS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. CONCLUSÕES

Analisado o enquadramento mais lato das AC e a principal problemática dos fenómenos de escassez e secas, bem como os expectáveis desenvolvimentos para uma melhor gestão e prevenção dos mesmos, poder-se-á concluir, então, que existe uma dupla vertente na inter-relação das duas temáticas (Figura 13).

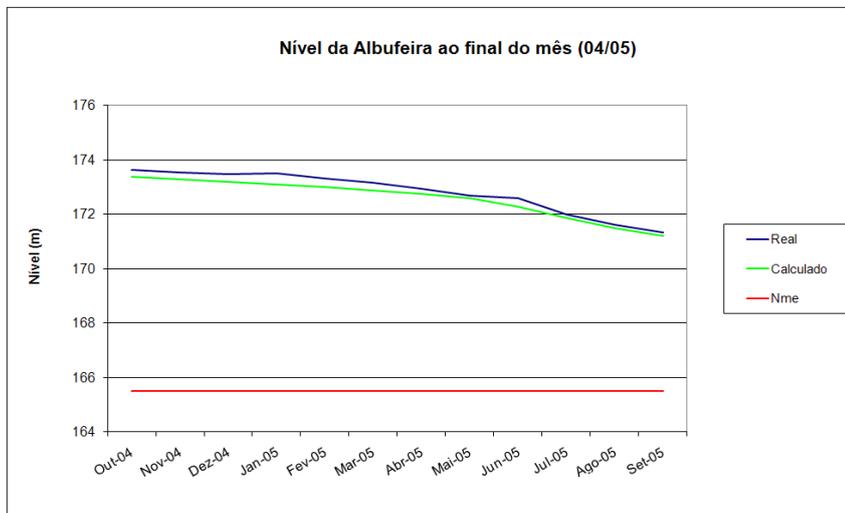


Figura 11 - Avaliação dos níveis da albufeira do Enxóe para o ano hidrológico de 2004/05, por recurso ao uso combinado do modelo de Temez (determinação das afluências em regime natural) e do Aquatool (simulação da exploração da albufeira), para um dado cenário de disponibilidades e utilizações (comparação com valores reais).

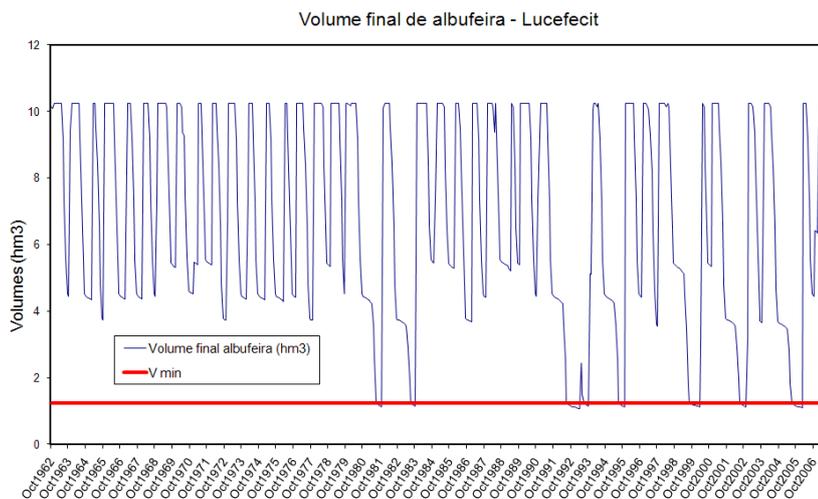


Figura 12 - Simulação do comportamento da albufeira do Lucefecit (volumes armazenados) para os últimos 45 anos de registos de precipitação e temperatura na área em questão, e níveis de utilização actuais, por recurso ao uso combinado dos modelos Temez e Aquatool.

Uma maior aposta na gestão e prevenção de situações de escassez e secas poderá facilitar o processo de adaptação às AC, pela própria prevenção introduzida no acompanhamento daqueles problemas e pela flexibilidade de análise e simulação de cenários futuros que os actuais desenvolvimentos, anteriormente descritos, possibilitam. Por outro lado, as AC deverão ainda influenciar a formulação de cenários para futuro,

seja no campo das disponibilidades, seja no campo das utilizações, onde, além de outros factores, as próprias condições futuras de disponibilidades poderão conduzir a uma alteração nas necessidades para as diferentes utilizações, impondo-se, assim, uma maior evolução nesta matéria, em especial na obtenção de projecções dos eventuais efeitos das AC para a escala de região hidrográfica.

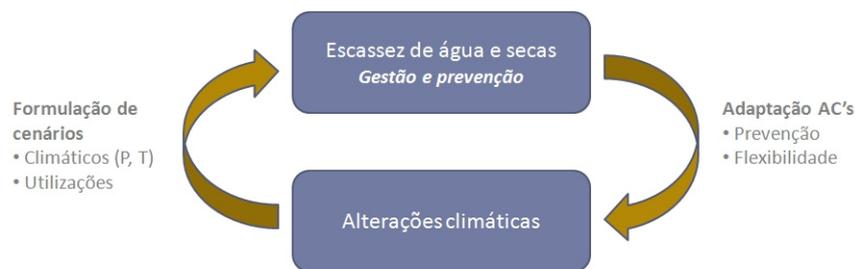


Figura 13 - Dupla inter-relação entre a temática das AC e da escassez e secas.

BIBLIOGRAFIA

ANDREU, J.; CAPILLA, J.; e FERRER, J. (1996) - Aquatool, a generalized Decision Support System for Water Resources Planning and Operational Management. *J. Hydrology* 177, pp. 269-291

ANDREU, J.; PÉREZ, M.A.; FERRER, J.; VILLALOBOS, A. e PAREDES, J. (2007) - Drought Management Decision Support System by means of Risk Analysis Models em G. Rossi et al. (eds.), *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*, 2007 Springer, pp 195-216.

BREKKE, L.D., KIANG, J.E., OLSEN, J.R., PULWARTY, R.S., RAFF, D.A., TURNIPSEED, D.P., WEBB, R.S., and WHITE, K.D. (2009) - Climate change and water resources management—A federal perspective: U.S. Geological Survey Circular 1331, 65 p, 2009. Disponível online em: [<http://pubs.usgs.gov/circ/1331/>]

CAC (2009) - Adaptação às Alterações Climáticas em Portugal – Proposta de Estratégia Nacional (Versão aprovada pela Comissão de Alterações Climáticas para Consulta Pública), Comissão de Alterações Climáticas, 2009;

CHG (2007) - Plan Especial de Sequia de la Cuenca del Guadiana, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministério del Medio Ambiente, Espanha, Badajoz, 2007.

DG Env EC (2007) - Drought Management Plan Report – Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects, Water Scarcity and Droughts Experts Network, Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas, Novembro de 2007;

HEIM Jr, R. (2002) - A review of Twentieth-Century Drought Indices used in the United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*, EUA, Agosto 2002, pp. 1149-1165

INAG (2000) - Plano de Bacia Hidrográfica do

Guadiana, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, 2000;

INAG (2001) - Plano Nacional da Água, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Lisboa, 2001;

IPCC (2000) - Special Report on Emissions Scenarios. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group III [Nakicenovic, N., Swart, R. (eds.)]. IPCC, 2000, Genebra, ISBN 92-9169-113-5.

IPCC (2007) - Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Pachauri, R.K e Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Genebra.

IPCC (2008) - BATES, B.C., Z.W. KUNDZEWICZ, S. Wu e J.P. PALUTIKOF, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp

LEHNER, B., P. DÖLL, J. ALCAMO, T. HENRICHES e F. KASPAR, (2006) - Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Climatic Change Journal*, 75-3 273-299, 2006

MAIA, R. (2009) - Use and allocation of water resources among the agricultural, urban, and environmental sectors to maximize environmental, economic and social welfare in the Moura-Serpa-Mértola region em Assimacopolous, D. (ed.), *Mitigation of Water Stress through new Approaches to Integrating Management, Technical, Economic and Institutional Instruments - Water Stress Mitigation: The AquaStress Case Studies*, Aquastress Project Consortium publication, Alfapi, Grécia, pp 36-49.

MENDES, J., (2008) - Linhas para a elaboração de um plano de minimização dos riscos de seca em zonas com escassez de recursos hídricos. O caso da margem

- esquerda do Guadiana, Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2008.
- MCKEE, T.; DOESKEN, N. e KLEIST, J. (1993) - The relationship of Drought frequency and duration of time scales, Eight Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, 17 – 23 Janeiro, 1993, Anaheim CA, pp. 179-186
- MMAE (2006) - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, Secretaria de Estado de Cambio Climático, Oficina Española de Cambio Climático; Ministerio de Medio Ambiente, Espanha, Julho 2006.
- MMAE (2008) - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático – Primer Programa de Trabajo, Primer Informe de Seguimiento 2008, Secretaria de Estado de Cambio Climático, Oficina Española de Cambio Climático; Ministerio de Medio Ambiente, Espanha, Março 2008.
- RODRIGUES, R., SARAMAGO, M. e GOMES, R., (2003) - Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos – Outubro de 2003, 27 páginas, Hidro-biblioteca do SNIRH
- SIAM (2002) - F.D. SANTOS, K. FORBES, R. MOITA (eds), (2002), Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project, Gradiva, Lisboa, Portugal 2002;
- SIAM II (2006) - F. D. SANTOS, and P. MIRANDA (eds), (2006) - Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project II, Gradiva, Lisboa, Portugal 2006;
- SNIRH (2008) - Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos, Homepage do SNIRH, <http://snirh.pt/>[online], Disponível URL [Outubro 2008]
- STEINMANN, A.; HAYES, M e CAVALCANTI, L. (2005) - Drought Indicators and Triggers, em Wilhite, D. (ed) Drought and Water Crises: Science, Technology and Management Issues, CRC press - Taylor & Francis group, ISBN: 0-847-2771-1, 2005, pp.71-92.
- TSAKIRIS, G., LOUKAS, A., PANGALOU, D., VANGELIS, H., TIGKAS, D., ROSSI, G., CANCELLIERE, A. (2007) - Chapter 7 Drought Characterization, em Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabiña, D., López-Francos, A., Moneo, M., Rossi, G., (eds) Drought Management Guidelines, European Commission – EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water) e Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN), 2007
- TEMEZ, J.R. (1977) - Modelo Matemático de transformación Precipitación-Aportación, ASINEL
- UE (2007) - Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Adapting to climate change in Europe – options for EU action {SEC(2007) 849}, Bruxelas, Junho, 2007.
- UE (2007a) - Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report, Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas, Junho de 2007;
- UE (2007b) - Communication from the commission to the European Parliament and the Council - Addressing the challenge of Water Scarcity and Droughts in the European Union, Commission of the European Communities, Bruxelas, Junho, 2007;
- UE (2009) - Livro Branco – Adaptação às Alterações Climáticas: para um quadro de acção europeu {SEC(2009) 386}, Comissão das Comunidades Europeias, Bruxelas, Abril, 2009;
- UE (2009a) - Commission Staff Working Document accompanying the White Paper – Adapting to Climate Change: Towards a European framework for action: Climate Change and Water, Coasts and Marine Issues {SEC(2009) 387/388}, Commission of the European Communities, Bruxelas, Abril, 2009;
- VIVAS, E., MAIA, R. (2008) - Avaliação de Situações de Seca e Escassez de Água em Portugal Continental. Utilização de Indicadores, publicação referente ao 9º Congresso da Água com o tema “Água: desafios de hoje, exigências de amanhã” [2008], APRH, ISBN 978-97299991-5-4.
- VIVAS, E., MAIA, R. (2008a) - Vantagens na aplicação de modelos de apoio à decisão na gestão e prevenção de situações de seca, publicação no âmbito das IIIas Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Porto, Portugal, 2008, FEUP, ISBN 989-978-9557-2-3.

