



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Alterações Climáticas e Gestão da Água em Portugal

Myriam Lopes¹, Ana Cristina Monteiro¹, Isabel Ribeiro¹, Elisa Sá¹, Helena Martins¹, Miguel Coutinho², Carlos Borrego¹

¹ CESAM & Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Portugal. E-mail: myr@ua.pt

² CESAM e Instituto do Ambiente e Desenvolvimento (IDAD), Universidade de Aveiro, Portugal

Artigo recebido em 10/10/2012 e aceito em 11/10/2012

RESUMO

As alterações climáticas (AC) constituem actualmente uma das maiores ameaças ambientais globais, com repercussões sociais e económicas para todo o planeta e humanidade. Os recursos hídricos, nomeadamente nas componentes de gestão da procura, do fornecimento e riscos infra-estruturais, são uma das áreas mais vulneráveis às AC.

Este trabalho pretende ser um contributo para a gestão dos recursos hídricos em Portugal integrando a gestão do risco associado aos impactes das AC. Neste sentido, o trabalho inclui: i) a análise da variabilidade climática e da detecção das AC em Portugal; ii) a identificação do impacte de futuros cenários climáticos nos recursos hídricos e a identificação das maiores ameaças e fatores de risco; iii) a análise das estratégias de adaptação e sistemas de compensação existentes; iv) e a identificação de medidas adicionais a implementar em Portugal de modo a reduzir os riscos das AC na gestão da água.

Palavras-chave: Alterações Climáticas, Recursos Hídricos, Risco, Gestão da água, Adaptação

Climate Change and Water Management in Portugal

ABSTRACT

Presently climate change (CC) is one of the greatest global environmental threats, with social and economic repercussions for the entire planet and humanity. Due to their vulnerability to CC, water resources are of major concern, particularly in the components of demand management, supply and infrastructure risks.

This work intends to be a contribution for water resource management in Portugal, integrating risk management and climate change impacts. In this sense, this work includes: i) an analysis of climatic variability and climate change in Portugal; ii) an identification of the impacts of climate change scenarios in water resources and an identification of the major pressures and risk factors; iii) an analysis of the adaptation strategies and existing compensation systems; iv) and an identification of the additional measures to be implemented in Portugal, in order to reduce climate change impacts in water resources.

Keywords: Climate change, water resources, risk, water management, adaptation

1. Introdução

A água, composto químico mais abundante na Terra, é um recurso valioso indispensável a todas as formas de vida terrestres.

Entre os vários serviços ambientais prestados pelo ciclo da água destacam-se a

regulação do clima, a regulação dos fluxos hidrológicos e a reciclagem de nutrientes. A água é ainda um recurso fundamental para as actividades humanas e económicas, nomeadamente agricultura, indústria, lazer e turismo, contribuindo significativamente para o desenvolvimento das sociedades humanas. O crescente aumento da população mundial, que atingiu recentemente os 7 mil milhões de

*E-mail para correspondência: myr@ua.pt (Lopes, M.).

habitantes, contribui para um aumento da procura e intensidade de utilização deste recurso, quer para o abastecimento populacional, quer para as actividades agrícolas (irrigação) e industriais, facto que torna este recurso cada vez mais escasso. Apesar de 71% da superfície terrestre ser coberta por água, apenas uma quantidade inferior a 1% está disponível para consumo, o que torna a água um recurso de alto valor (UNESCO, 1978).

O impacto das actividades humanas e da poluição têm contribuído para alterações no ciclo da água, afectando a sua distribuição geográfica e a sua qualidade, através de processos de acidificação, eutrofização e alterações climáticas (AC). De acordo com o relatório das Nações Unidas (UNEP, 2007), cerca de um terço da população mundial vive em países com moderado a elevado stress hídrico, afectando principalmente os mais pobres e necessitados. Por outro lado, doenças relacionadas com a falta de abastecimento e de saneamento ou por qualidade inadequada da água são razão para perda de milhões de vidas humanas.

De acordo com o 4º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, 2007) os recursos hídricos serão dos mais afectados pelas AC. O aumento do nível do mar, a alteração dos padrões de precipitação, as inundações e as secas, as ondas de calor, afectam já milhões de pessoas em todo o mundo, agravando-se significativamente em

clima futuro. As regiões mais afectadas são as localizadas nas latitudes médias do hemisfério norte (Figura 1). Neste sentido, a gestão dos recursos hídricos constitui um dos principais problemas do milénio, reconhecido pelas Nações Unidas (ONU, 2000). Em alinhamento com as preocupações globais e com a política europeia, Portugal desenvolveu a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas – ENAAC – (Resolução do Conselho de Ministros n.º 24/2010) que estabelece como objectivos fundamentais: i) a informação e conhecimento, ii) reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta, iii) participar, sensibilizar e divulgar e iv) cooperar a nível internacional. Os recursos hídricos são destacados como um dos sectores estratégicos para a adaptação às alterações climáticas.

O Plano Nacional da Água (PNA), elaborado de acordo com o Decreto-Lei n.º45/94, de 22 de fevereiro, define orientações de âmbito nacional para a gestão integrada das águas, fundamentadas em diagnóstico da situação actual e na definição de objectivos a alcançar através de medidas e acções. O PNA é assim, o instrumento de gestão das águas, de natureza estratégica que estabelece as grandes opções da política nacional da água e os seus princípios e as suas regras de orientação a aplicar pelos planos de gestão de bacias hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas. Sendo este um documento de nível mais

elevado da política de gestão da água, requer que a sua elaboração seja orientada por linhas claras resultantes de um amplo consenso nacional mobilizador do processo e das vontades e interesses em produzir um

documento de excelência (INAG, URL2). Compreende-se por isso, que a inclusão da temática “alterações climáticas”, seus impactes e o risco para os recursos hídricos, seja uma prioridade de análise.

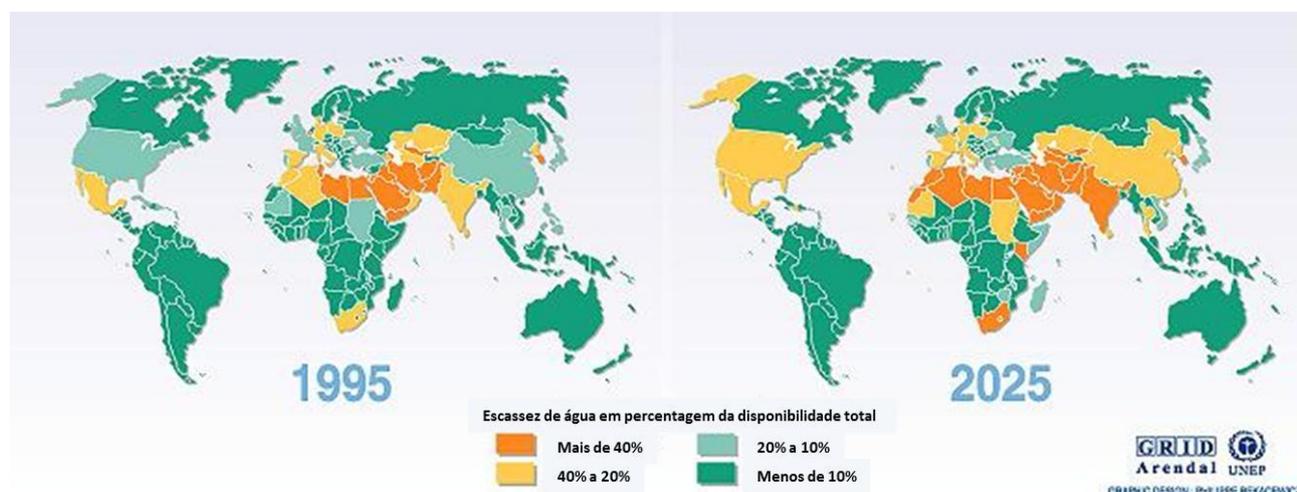


Figura 1. Vulnerabilidade das regiões relativas à escassez de água para consumo doméstico em 1995 e previsão para 2025, estimada com base nas necessidades de consumo e no crescimento populacional esperado (fonte: Vital Water Graphics, URL1).

Este trabalho pretende ser um contributo para esta análise, apresentando os pressupostos de base e as linhas de orientação para a inclusão do risco das alterações climáticas na gestão da água em Portugal.

2. Material e Métodos

A metodologia de trabalho seguida neste estudo baseia-se na recolha e análise de informação e dados contidos em estudos científicos e relatórios técnicos, com incidência em Portugal e abrangendo os seguintes tópicos de análise:

i) Evolução climática, projecções de alterações climáticas para Portugal e a análise dos impactes das AC nos recursos hídricos;

ii) Levantamento das estratégias e medidas de adaptação para os recursos hídricos e identificação de lacunas no que se refere á inclusão das AC na gestão dos riscos associados aos recursos hídricos;

iii) Definição de objectivos e medidas para redução dos riscos das AC na gestão da água em Portugal;

A caracterização da situação actual relativamente às alterações climáticas e a sua influência a nível do ciclo hidrológico baseia-se nas conclusões dos relatórios técnicos e científicos e orientações incluídos em planos estratégicos internacionais, europeus e nacionais. Foram considerados os estudos produzidos pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), pela

União Europeia (EU), através da Agência Europeia para o Ambiente (EEA), por instituições nacionais, designadamente o Instituto de Meteorologia (IM), bem como projetos de investigação científica visando as evidências e os potenciais impactes das alterações climáticas em Portugal, as medidas de mitigação e as de adaptação. De entre os documentos analisados destacam-se: Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA), Boletins Climatológicos Anuais do IM e os projectos SIAM e SIAM II – “Alterações Climáticas em Portugal, Cenários, Impactes e Medidas de Adaptação” (Santos *et al.*, 2002; Santos e Miranda, 2006).

3. Evidências das Alterações Climáticas em Portugal

Portugal, situado no sudoeste do Continente europeu possui uma extensa linha de costa atlântica, com aproximadamente 840 km (41% do contorno do seu território). Apresenta um clima temperado, contudo as diferenças entre o Norte e o Sul e a zona costeira e o interior são bastante nítidas: no Norte registam-se as mais elevadas precipitações e as mais baixas temperaturas médias anuais, mas é no interior que se verificam as maiores amplitudes térmicas; a Sul do Rio Tejo, porém, já se sentem as influências mediterrânicas, com Verões bastante quentes e prolongados, invernos curtos e pouca pluviosidade.

Nos pontos seguintes apresenta-se uma

breve caracterização dos principais factores climáticos, sua evolução nos últimos anos em Portugal Continental e nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores e cenários futuros

3.1 Temperatura

Segundo o projecto SIAM II (Santos e Miranda, 2006), na segunda metade do Século XX e início do Século XXI assistiu-se a um aumento da temperatura média global da atmosfera à superfície, em Portugal Continental. Em particular, no último quarto de Século, registou-se um aumento de cerca de 0,4°C nas temperaturas máximas e médias. No entanto, nos últimos anos a tendência de aumento da temperatura mínima é superior à da temperatura máxima, o que implica uma diminuição da amplitude térmica.

A análise aos dados observados indica que, entre 1931 e 2009, a temperatura média subiu em Portugal 0,13°C.década⁻¹, sendo que o maior aumento ocorreu a partir da década de 70 (0,33°C.década⁻¹) (IM, 2009).

Na Figura 2 apresentam-se os desvios da temperatura média anual entre 1931 e 2009, em relação à normal climatológica de 1971-2000. Verifica-se que nos últimos 16 anos apresentados apenas em 2008 foi registado um valor anual inferior à normal climatológica, tendo sido 1997 o ano mais quente de toda a série temporal (+1,4°C). É ainda possível verificar que, dos 10 anos mais quentes, 8 ocorreram depois de 1990 (IM, 2009).

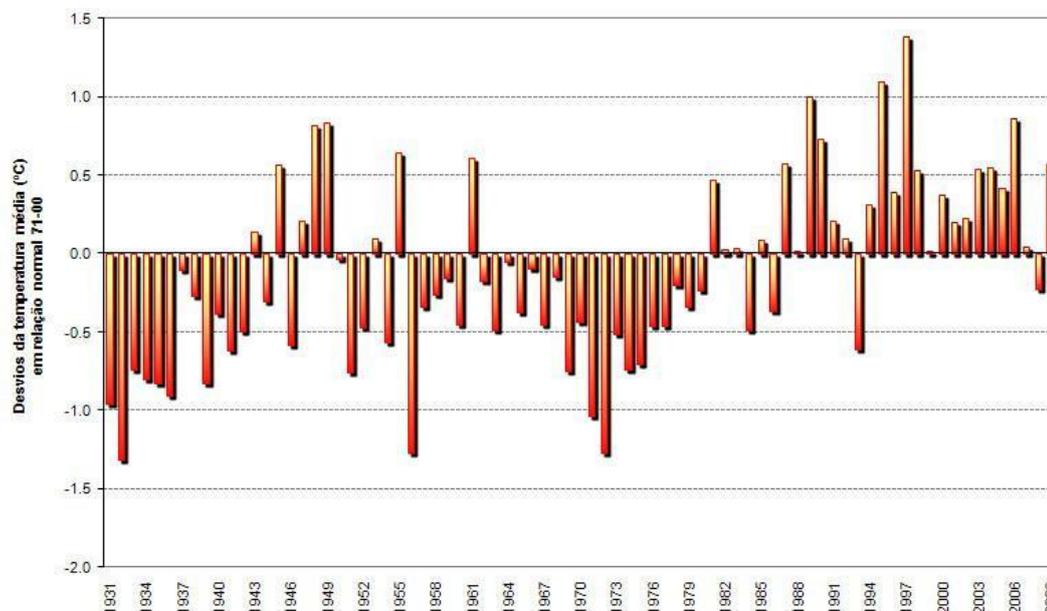


Figura 2. Temperatura máxima anual em Portugal Continental – Desvios em relação à média 1971-2000 (IM, 2009).

No que diz respeito ao Arquipélago dos Açores, as temperaturas médias anuais variam entre os 9°C nos picos mais elevados (ex. Pico da Vara, na Ilha de S. Miguel, e Serra de Santa Barbara, na Ilha Terceira), e os 17°C nas zonas costeiras. As temperaturas mínimas no inverno variam entre os 4°C e os 12°C, enquanto as temperaturas máximas no verão se situam entre os 12°C e os 24°C, nos pontos mais elevados e nas zonas costeiras, respectivamente.

No Arquipélago da Madeira, a temperatura média anual do ar varia entre os 8°C nos pontos geográficos mais elevados e os 18-19°C nas zonas costeiras, sendo a região do Funchal (localizada numa bacia na costa Sul) a mais quente da Ilha. No inverno, a temperatura mínima desce abaixo dos 4°C nas regiões elevadas, enquanto junto à costa é superior a 13°C, durante o inverno. No verão, observam-se, em média, 16°C de temperatura máxima nos picos mais elevados e uma

temperatura máxima superior a 23°C nas regiões costeiras.

Contrariamente ao observado na estação do Funchal, verifica-se que em Porto Santo o comportamento das temperaturas mínimas e máximas foram quase paralelos, identificando-se os mesmos períodos de arrefecimento e aquecimento que em Portugal Continental.

No que diz respeito aos cenários climáticos, todos os modelos, em todos os cenários, prevêem um aumento significativo da temperatura média em todas as regiões de Portugal até 2100, comparativamente com a normal climatológica 1971-2000 (Santos e Miranda, 2006; Carvalho *et al.*, 2009). No Continente são estimados aumentos da temperatura máxima no verão entre 3°C na zona costeira e 7°C no interior, acompanhados por um grande incremento da frequência de ondas de calor. Nas regiões insulares, os aumentos da temperatura

máxima deverão ser mais moderados, entre os 2°C e os 3°C na Madeira, enquanto para os Açores se estimam aumentos entre 1°C e 2°C.

3.2 Precipitação

A precipitação anual média em Portugal Continental, entre 1961 e 1990, foi de cerca de 900 mm, apresentando uma variação espacial muito significativa. Os valores mais elevados registaram-se no Minho, onde em algumas zonas a precipitação acumulada é superior a 3000 mm. Os valores mais baixos ocorreram na Beira Interior a Sul do Douro (400 mm.ano⁻¹) e em todo o interior alentejano, com 600 mm.ano⁻¹. A análise da distribuição sazonal da precipitação indica que cerca de 42% ocorre no inverno, 6% no verão e os restantes 52% durante a primavera e o outono, com uma distribuição interanual

muito variável (Santos e Miranda, 2006).

Segundo o relatório preliminar da Análise Climatológica da Década 2000-2009 (IM, 2009), registou-se um decréscimo médio na precipitação de 40 mm.década⁻¹, entre 1970 e 2009. Este decréscimo médio apresenta variabilidade espacial, sendo de 66,7 mm.década⁻¹ para a região Norte, 40,26 mm.década⁻¹ para a região Centro e 26,08 mm.década⁻¹ para a região Sul.

Segundo o Boletim Climatológico de 2009 (IM, 2009) (Figura 3), os últimos quatro anos (2004-2009) foram particularmente pouco chuvosos em comparação com os valores médios registados entre 1971-2000, sendo que 2005 e 2007 foram os anos com valores de precipitação mais baixos desde 1931.

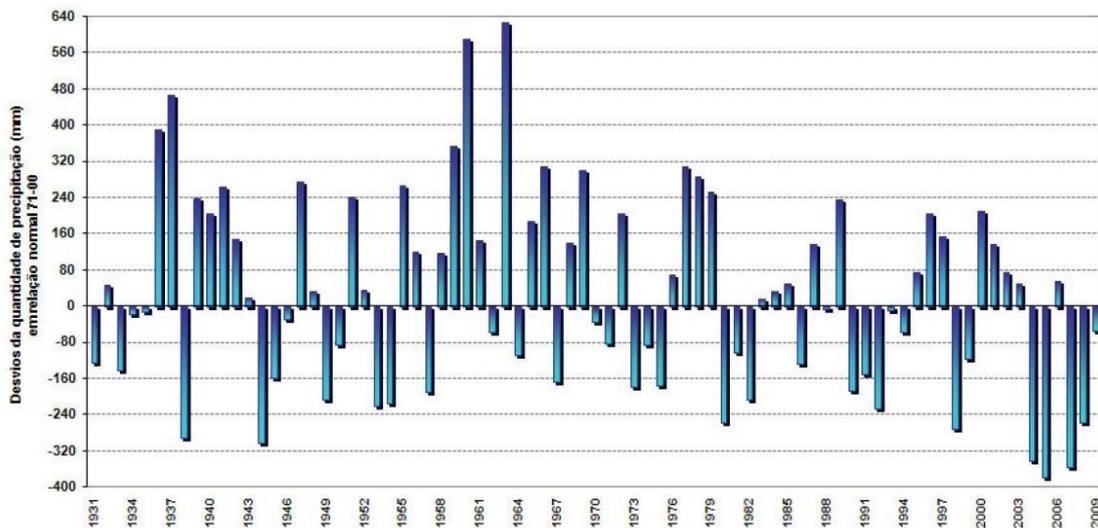


Figura 3. Precipitação máxima anual em Portugal Continental – Desvios em relação à média 1971-2000 (IM, 2009).

Para o período entre 1971 e 2000, foi detectada uma diminuição da precipitação na primavera, relativamente aos 30 anos anteriores (Santos e Miranda, 2006). Esta

diminuição ocorreu principalmente no mês de março, que apresenta uma anomalia de -66 mm. Entre abril e setembro as variações são pouco significativas.

Relativamente ao arquipélago dos Açores, observou-se uma tendência de aumento de precipitação de $6,1 \text{ mm.década}^{-1}$, entre 1900 e 2002 (Santos e Miranda, 2006).

A precipitação acumulada na Madeira atinge um máximo próximo dos 3400 mm nos picos mais elevados e é mínima na bacia do Funchal (500 mm). Nas zonas mais altas, a precipitação de inverno ultrapassa os 1200 mm, enquanto nas regiões do Funchal e vale de Machico é cerca de 300 mm. Nos meses de verão, são observados cerca de 150 mm de precipitação nas zonas elevadas (excepto Areiro) e menos de 50 mm na costa Sul da Ilha. Observa-se ainda, na distribuição da precipitação, uma assimetria Norte-Sul, com bastante mais precipitação, à mesma altitude na costa Norte. Segundo Santos e Miranda (2006), o facto de chover mais na parte Norte durante o verão está claramente associado à direcção dominante do vento (Norte) e ao facto da precipitação ser essencialmente orográfica.

No que se refere à projecção para 2100 para precipitação, a incerteza do clima futuro é substancialmente maior. No entanto, quase todos os modelos prevêem redução da precipitação em Portugal Continental durante a primavera, verão e outono. O modelo regional de clima utilizado prevê reduções da precipitação no Continente que podem atingir valores correspondentes a 20-40% da precipitação anual. De acordo com Carvalho *et al* (2009), prevê-se um decréscimo de precipitação em todos os distritos do país e

em todas as estações do ano, sendo mais significativa na primavera e no litoral Norte de Portugal.

Nas Ilhas, as estimativas de variação da precipitação são muito diferentes das estimadas para o Continente. Resultados do modelo global seleccionado para a Madeira, indicam uma forte redução da precipitação de inverno, especialmente nas zonas altas, acompanhada por reduções na primavera e outono e só parcialmente compensada por um incremento da precipitação de verão. Em termos anuais, a precipitação na Madeira poderá ser reduzida entre 20-30%. Nos Açores, os resultados indicam variações relativamente pequenas na precipitação anual, apesar de sugerirem um aumento da precipitação de inverno, compensado por uma redução nas outras estações.

3.3 Aumento do Nível Médio da Água do Mar

A costa portuguesa tem 950 km em Portugal continental, 691 km nos Açores e 212 km na Madeira (Dias *et al.*, 1994). Cerca de 70 % da costa portuguesa está em risco devido à subida do nível médio das águas do mar, sendo que parte da erosão costeira que actualmente se verifica é já imputável à elevação do nível médio do mar (Ferreira, 2010). Esta elevação é frequentemente denominada por "elevação secular" por se fazer sentir durante prazos temporais de ordem secular. Todavia, o litoral está sujeito aos impactes de outras elevações do nível médio do mar, que se fazem sentir em

períodos bastante mais curtos, e que constituem, também, riscos importantes para a zona costeira Portuguesa.

Embora os valores médios de elevação anual sejam da ordem de 1,5 mm e pareçam ser, em primeira análise desprezáveis, não o são de facto. Pequenas variações persistentes do nível médio do mar induzem, com frequência, grandes modificações nas zonas ribeirinhas. Basta referir, a título exemplificativo, as zonas estuarinas e lagunares em que, por via de regra, as áreas ocupadas por sapais têm grande expressão, e onde basta uma pequena elevação do nível do mar para que grandes extensões de sapal sejam afectadas. Para além das zonas estuarinas e lagunares, nas zonas costeiras de baixa altitude e sem protecções naturais, a subida generalizada do nível médio do mar irá agravar os fenómenos erosivos. Compreende-se melhor a amplitude do problema, quando se tem em atenção o facto bem conhecido (nomeadamente através da análise dos maregramas das estações de Cascais e de Lagos) de que o nível médio do mar em Portugal se encontra, actualmente, quase 20 cm acima da posição que ocupava no início do século XIX.

4. Os impactes das alterações climáticas na gestão dos recursos hídricos

O aumento da temperatura da água e o aumento da frequência de cheias/inundações e secas afectarão a qualidade das águas e potenciar a ocorrência de muitas formas de

poluição da água (sedimentos, nutrientes, carbono orgânico dissolvido, agentes patogénicos, pesticidas, poluição térmica, entre outros), com impactes negativos nos ecossistemas, na saúde humana e no aumento dos custos de operacionalização dos sistemas de gestão dos recursos hídricos. Além destes impactes, prevê-se que o aumento do nível médio das águas do mar aumente as áreas de salinização das águas subterrâneas e estuários, resultando numa diminuição da disponibilidade de água doce para os seres vivos (IPCC, 2008).

Os impactes das alterações climáticas sobre os recursos hídricos fazem-se sentir tanto do lado da oferta como do lado da procura de água (Figura 4). No que respeita à oferta, as alterações climáticas provocam uma modificação do regime de precipitações que conduz a variações do volume e da distribuição temporal das disponibilidades de água, quer superficiais quer subterrâneas. A estes impactes sobre a quantidade da água há que acrescentar os impactes sobre a qualidade, devidos a variações das disponibilidades de água, ao aumento da temperatura e à subida do nível médio do mar. Do lado da procura de água, são de esperar alterações nos volumes de água consumidos, sobretudo na irrigação, mas também na produção de energia, em particular devido ao aumento das necessidades de refrigeração. Os impactes das alterações climáticas far-se-ão sentir, igualmente, ao nível da intensidade e frequência de situações de cheia e secas.



Figura 4. Efeitos das alterações climáticas nos recursos hídricos (adaptado de URL3).

Múltiplas observações e projecções indicam que a região mediterrânica e o Sul da Europa, são mais vulneráveis às alterações climáticas do que o Norte da Europa. No caso de Portugal, a avaliação de impactes e medidas de adaptação multissetorial e integrada realizou-se no âmbito dos Projectos SIAM (SIAM I e II) (Santos *et al.*, 2002; Santos e Miranda, 2006). Os Impactes das Alterações Climáticas nos Recursos Hídricos Portugueses podem resumir-se em:

- Disponibilidade de água: alteração do regime de escoamento; diminuição da recarga dos aquíferos e consequente rebaixamento dos níveis piezométricos; diminuição das disponibilidades hídricas subterrâneas e alteração da qualidade da água.
- Necessidades de água: para rega, consumo industrial e produção de energia.
- Risco de situações hidrológicas extremas: cheias/inundações e secas.

- Qualidade da água: aumento da temperatura da água, degradação ambiental dos ecossistemas fluviais dependentes de águas subterrâneas, aumento da contaminação salina em aquíferos costeiros devido ao avanço da interface água doce – água salgada e aumento da salinização dos aquíferos devido à subida das taxas de evapotranspiração.

Existem contudo outros perigos ou ameaças para os recursos hídricos relacionados com as alterações climáticas, nomeadamente movimentos de massa ou deslizamento em zonas ribeirinhas ou costeiras, erosão costeira, acidentes e rotura de barragens e de diques ou mesmo os incêndios florestais. Na Figura 5 apresenta-se a distribuição espacial de incidência de alguns destes perigos no território de Portugal Continental.

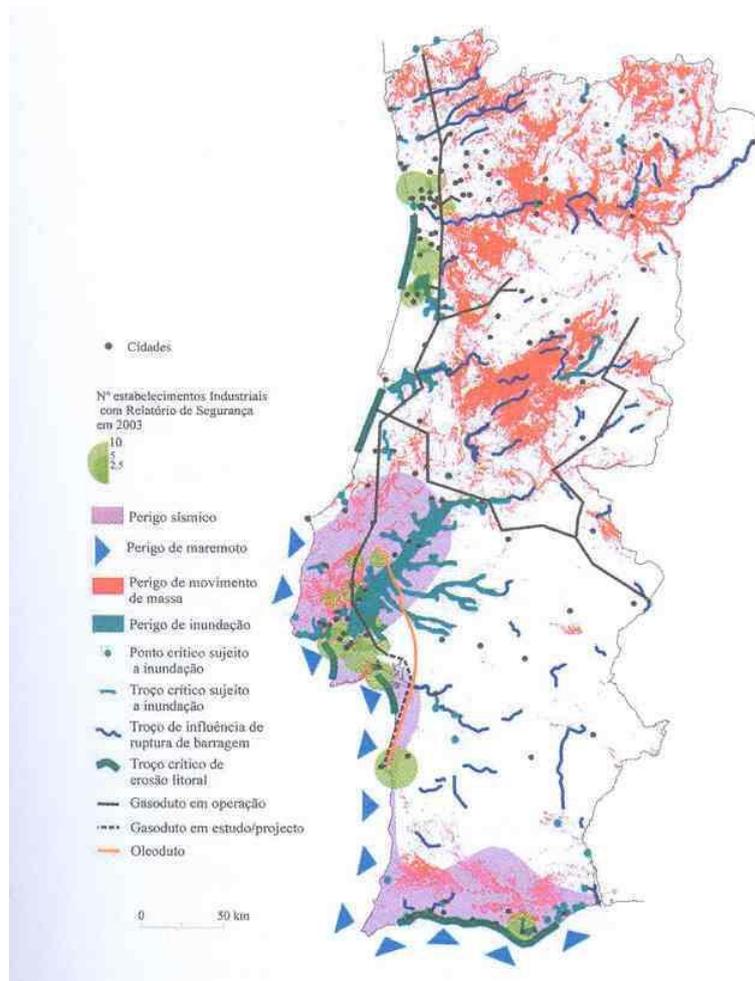


Figura 5. Incidência territorial dos principais perigos em Portugal Continental (Lei n.º 58/2007).

4.1 Cheias e inundações

De um modo geral, os problemas e riscos mais relevantes associados a cheias e inundações, em Portugal, dizem respeito à exposição inadequada de pessoas e bens em áreas inundáveis com relativa frequência e à ocorrência de cheias e inundações súbitas ou rápidas, provocadas por precipitação intensas, nomeadamente em áreas urbanas e pré-urbanas. Não obstante a existência de legislação que condiciona a ocupação de áreas inundáveis associadas a cheias com determinadas características de ocorrência, este problema persiste atendendo a dificuldades na aplicação da legislação em vigor, nomeadamente por ausência de

critérios de decisão explícitos e mandatários face a outros interesses envolvidos, no caso de novas ocupações, existência de zonas ocupadas muito consolidadas ou históricas. Além destes factores, a deficiente informação pública relativa aos riscos de inundação nas respectivas componentes de magnitude (frequência ou probabilidade de excedência, horizontes de projectos significativos e vulnerabilidade dos bens explícitos), tem agravado os efeitos das cheias e inundações verificados em Portugal (PNA, 2010).

Eventos de precipitação intensa podem provocar a excedência da capacidade de unidades de tratamento de águas residuais resultando num aumento das emissão de

poluentes em águas receptoras, com poluição de curta duração graves riscos ambientais e de saúde. Por outro lado, o risco associado a cheias induzidas por infra-estruturas hidráulicas constitui sempre um problema relevante, atendendo à surpresa do acontecimento e à elevada capacidade destruidora da energia acumulada (ex. a rotura de barragens, diques ou depósitos de rejeitados e rotura de adutores de grande capacidade).

Em zonas montanhosas, a ocorrência de cheias rápidas constituídas por fluxos intensas de água e elevada concentração de sólidos (“aluviões”), constitui um perigo acrescido. Cheias resultantes de condições geomorfológicas especiais e elevada capacidade de mobilização de sólidos, nas encostas e nos leitos, a dificuldade numa previsão precoce fiável e num alerta eficaz ao público, a carência de critérios de instabilidade e de desencadeamento de “aluviões” os quais dependem de uma monitorização especial e uma análise

continuada do comportamento das bacias, são as principais causas para este problema.

O avanço do mar decorrente da agitação marítima e da subida do nível do mar pode provocar inundações e destruições bem como a erosão da orla costeira. A exposição e a pressão antrópicas propiciam este risco. A ocorrência de sismos de elevada magnitude com origem em zonas marítimas, relativamente perto da costa portuguesa, pode provocar a formação de maremotos ou “tsunamis” perigosos atendendo às características da onda incidente e à dificuldade em garantir um sistema de alerta e de evacuação eficaz atendendo ao prazo de tempo disponível, à elevada exposição humana nas zonas críticas e aos efeitos do sismo associado.

As cheias, que ocorrem anualmente em Portugal, envolvem vários danos, em especial em terrenos agrícolas (Figura 6), em habitações e até mesmo perda de vidas humanas.



Figura 6. Cheias (a) nos terrenos agrícolas de Almeirim (Portugal), em janeiro de 2011 e (b) na Madeira, em fevereiro de 2010.

A avaliação dos riscos associados às áreas de inundação crítica requer a realização e actualização de estudos de inundação em

cenários de AC, com vista à delimitação de zonas de inundação em escalas adequadas, bem como a identificação e caracterização de

propriedade em risco, a sua vulnerabilidade e avaliação de risco associados.

4.2 Secas

As situações de seca constituem uma ocorrência natural associada geralmente à falta de precipitação, e difere dos outros desastres naturais que geralmente actuam de forma rápida e com impactes visíveis.

A situação de Portugal, tal como a bacia do Mediterrâneo, é favorável à ocorrência de episódios de seca, quase sempre associados a situações em que o anticiclone subtropical do Atlântico Norte se mantém numa posição que impede que as perturbações da frente polar atinjam a Península Ibérica. Situações de seca passadas permitem identificar que as principais vulnerabilidades em termos de abastecimento público doméstico se localizam

no sul de Portugal, essencialmente no Alentejo, e nas regiões do interior Centro.

Relativamente aos episódios mais recentes importa referir as secas de 1994-1995 e a seca de 2004-2006. A primeira teve uma duração de cerca de 22 meses na região de Lisboa e 20 meses na região de Évora e Beja. A segunda foi a de maior extensão territorial abrangendo não só o centro e sul do País mas também a região norte. Segundo o estudo “Riscos de Secas em Portugal Continental” (Pires *et al.*, 2010), esta foi a seca mais intensa dos últimos 65 anos. Em Beja esta seca durou cerca de 33 meses e na região de Évora, Beja e Porto cerca de 16 meses. Em termos globais, a seca 2004-2006 foi muito intensa durante 5 meses seguidos, estando mais de 50% do território nacional em situação de seca severa ou extrema (Figura 7).

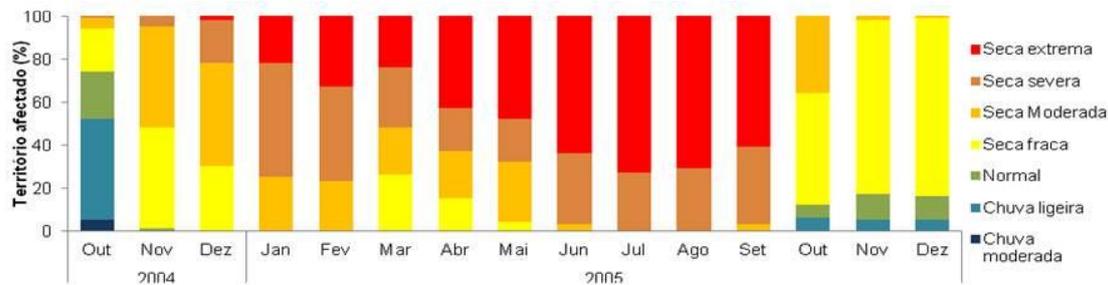


Figura 7. Percentagem de território Português afectado por cada classe do índice Palmer (Palmer Drought Severity Index – PDSI), desde outubro de 2004 a dezembro de 2005 (adaptado de IM, 2005).

A análise aos efeitos dos períodos de seca ocorridos em Portugal permitiu identificar alguns problemas e suas causas passíveis de minimização, enfrentar melhor situações futuras e fundamentar uma gestão de risco mais eficaz. Entre os problemas identificados, destacam-se os seguintes:

- Carência de reservas de água com capacidade de regularização interanual a nível nacional e regional e de sistemas de interligação ou de transferência em situações de emergência;
- Carência de recursos financeiros e deficiente sensibilização da importância

do risco de seca e dos efeitos potenciais de uma seca severa;

- Carência de critérios de decisão e de hierarquização dos riscos envolvendo a segurança de pessoas e actividades económicas, a nível nacional e regional;
- Utilização crescente dos recursos hídricos (aumento da população, aumento de necessidades de água para satisfação de necessidades urbanas, agrícolas e industriais) tornando a sociedade mais susceptível à variabilidade natural desses recursos e à escassez de água. Até ao presente não foram implementadas medidas de gestão do risco de secas suficientes;
- Insuficiente cultura e prática social de economia da água;
- Inexistência de um sistema de indicadores para monitorização de variáveis hídricas e das reservas de água;
- Deficiente mecanismos ou organização de sistemas de gestão de secas, incluindo a operacionalização de planos de emergência ou de contingência;
- Escassez de informação referente aos impactes da escassez de água (avaliação de vulnerabilidades) nas diferentes actividades económicas, incluindo os efeitos na degradação da qualidade da água nas diferentes origens operacionais ou alternativas em situação de emergência.

De acordo com Pires *et al.* (2010) os últimos 30 anos foram os de maior frequência

de situações de seca o que é indicativo de uma tendência para o aumento do risco e da vulnerabilidade a este fenómeno, o que poderá obviamente aumentar os potenciais impactes das secas, nomeadamente ao nível dos sectores agrícolas e hidrológico e necessariamente social em meio urbano/rural atingindo o rendimento agrícola, o emprego, custos de mitigação entre outros.

Os modelos de simulação climática prevêem um aumento na frequência e na intensidade dos períodos de seca, em especial no Sul da Europa (EEA, 2007). Além disso, com o aumento da temperatura, prevê-se também que a quantidade de água necessária aumente. À situação em que a necessidade de água é maior que a capacidade de oferta de um corpo hídrico, dá-se o nome de *stress* hídrico. De acordo com EEA (2007), prevê-se que toda a Península Ibérica se encontre em situação de *stress* hídrico de intensidade moderada a severa, em 2030.

No caso de Portugal e de toda a área costeira do Sul da Europa, uma redução na disponibilidade de água superficial vai provocar uma considerável pressão nos recursos hídricos subterrâneos, que já se encontram em sobre-exploração.

Sendo as secas e as cheias/inundações, dos eventos com maior probabilidade de ocorrência nos próximos anos, estão compilados na Tabela 1 os impactes típicos de tais eventos nas várias áreas dos recursos hídricos.

Tabela 1. Impactes típicos decorrentes de eventos extremos - secas e cheias/inundações - (adaptado de EEA, 2011).

	Cheias/inundações	Secas
Recursos hídricos	- Contaminação química e patogénica	- Défice de recursos - Proliferação de algas em reservatórios
Água para consumo	- Contaminação patogénica	- Défice no abastecimento - Necessidade de tratamentos mais avançados
Águas balneares	- Contaminação patogénica	- Eutrofização - Algas tóxicas
Ecosistemas aquáticos	- Contaminação química e patogénica - Ressuspensão de sedimentos	- Baixa diluição - Temperaturas elevadas
Abastecimento de água e infraestruturas sanitárias	- Erosão/deslizamento de terras - Inundação das instalações	- Acumulação de sedimentos

4.3 Ondas de calor

Em relação às ondas de calor, a que teve maior significado na década 2000-2009 ocorreu em 2003, em julho – agosto, sendo considerada como um evento excepcional deste tipo, com a maior duração registada desde 1941 (16 a 17 dias nas regiões do interior do território). Neste ano ocorreram cerca de 374 ultrapassagens do limiar de informação ao público referente ao ozono ($180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), entre os meses de abril e setembro, tendo ocorrido só no mês de agosto 256 ultrapassagens. Contudo, esta onda de calor teve uma extensão espacial inferior à de 1981, uma vez que não ocorreu nas regiões do litoral Oeste.

Em 2005 registaram-se duas ondas de calor entre maio e verão. A primeira ocorreu entre 30 de maio e 11 de verão, nas regiões

Norte e Centro. A região de Portalegre foi onde se registou o maior número de dias em onda de calor (12 dias). No dia 16 quase todo o território, à excepção das regiões litoral a Norte do Cabo Raso e do sotavento Algarvio, estava sob a segunda onda de calor registada neste ano, que terminou a 22 de verão na maior parte dos locais. Amareleja foi o local com a maior duração da onda (9 dias).

Em 2006 registaram-se cinco ondas de calor entre 24 de maio e 9 de setembro, sendo a de julho a mais significativa desde 1941, devido à sua extensão espacial (quase todo o território) e temporal (11 dias na região do Alentejo).

É de realçar ainda que no ano 2007 não se registaram ondas de calor, o que não se verificava desde 1997. Em 2008, ocorreu apenas uma onda de calor durante a primavera

(1 a 6 de abril), que afectou o interior Norte e Centro.

Verificaram-se, nesta década, no prolongamento das décadas anteriores, tendências significativas para o aumento no número anual de noites tropicais (temperatura mínima do ar superior a 20°C), assim como no número anual de dias de verão (temperatura máxima superior a 25 °C) (Pires *et al.*, 2009; IM, 2009).

4.4 Erosão costeira

A erosão costeira, e o consequente recuo da linha costeira, pode ser induzida por diversos factores, como sejam:

- Elevação do nível do mar;
- Diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral;
- Degradação antropogénica das estruturas naturais;
- Obras pesadas de engenharia costeira, nomeadamente as que são implantadas para defender o litoral.

A intensidade e a evolução dos fenómenos erosivos e as cotas extremas de galgamento e inundação nos sistemas costeiros são função de factores como a agitação marítima de origem oceânica, a agitação gerada pelo vento local, o estado de maré astronómica e a sua propagação, as características geológicas e geomorfológicas do sistema em análise.

Em Portugal continental os fenómenos de erosão e de deslizamentos tendem a ocorrer na faixa litoral ocidental Norte e

Centro, havendo registo de derrocadas isoladas ou queda de blocos e outras instabilidades na faixa litoral sul. Identificam-se como situações relevantes a perda de área nacional, os problemas de segurança em frentes edificadas, bem como a potencial perda de património edificado se o mesmo não estiver protegido com estruturas de defesa costeira. Uma vez que a faixa litoral de Portugal, existem várias zonas consideradas de instabilidade, potenciando a perda de valores balneares em praias. Um dos grandes problemas que se tem vindo a combater no que diz respeito aos processos erosivos, é a falta de capacidade de previsão destes eventos.

De acordo com PNA (2010), é previsível um agravamento da ocorrência de fenómenos extremos e dos fenómenos de recuo da linha de costa, de galgamentos e de instabilidade de arribas devido às alterações climáticas. Os fenómenos erosivos e outros factores de risco deverão, assim, ser considerados no desenvolvimento de um planeamento adaptativo num processo à escala nacional.

Vários programas de reabilitação de zonas costeiras têm vindo a ter lugar, nos últimos anos, por todo o País. Estes programas de intervenção prioritária têm vindo a ser accionados pelo Instituto da Água (INAG), pelas várias Administrações de Região Hidrográfica (ARH), inseridas no Programa Polis e nos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), e visam a

reabilitação de estruturas de defesa, demolições de edificações e requalificações, alimentação artificial com areias, reabilitação e reforço de cordões dunares, estabilização de arribas.

4.5 Fogos florestais

Os fogos florestais representam um impacto indirecto das alterações climáticas nos recursos. Segundo Ferreira *et al.* (2009), a alteração do coberto vegetal e da camada superior do solo devido aos fogos tem um impacto nas quantidades de água envolvidas nos processos do ciclo hidrológico. A evapotranspiração é reduzida devido à diminuição da actividade do coberto vegetal, a erosão dos solos é potenciada, a capacidade de infiltração de água no solo é diminuída, e os excedentes hídricos superficiais aumentam. As cinzas produzidas pelos fogos são constituídas por substâncias poluentes, como

metais pesados, nitritos e outros produtos orgânicos menos comuns. Estas substâncias poluentes contaminam o ambiente (ar, solo, água) e têm um impacto não totalmente esclarecido na cadeia alimentar e na saúde dos seres vivos. As cinzas são transportadas como poluentes de escoamento de água à superfície ou são lixiviadas por águas de infiltração no solo e que mais tarde recarregam as águas subterrâneas (aquíferos).

Em Portugal, os incêndios florestais apresentam uma distribuição claramente sazonal de marcada influência mediterrânica, concentrando-se o maior número de ocorrências e área ardida de julho a setembro. De acordo com Carvalho *et al.* (2009), a média anual de área ardida entre 2000 e 2005 foi 107% superior à verificada no período 1990-1999, sendo esta, por sua vez, 40% superior à dos anos 80 (Figura 8).

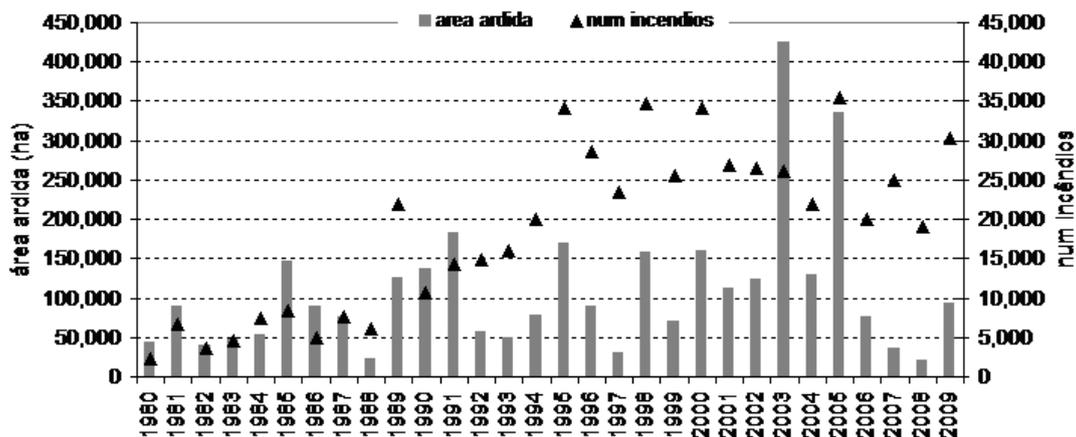


Figura 8. Média anual da área ardida e número de incêndios em Portugal continental, entre 1980 e 2009 (Carvalho *et al.*, 2010).

De acordo com Ferreira *et al.* (2009), após o fogo a qualidade química das águas é alterada, tendo esta alteração espectros algo

distintos conforme o meio hídrico seja superficial ou subterrâneo. Assim, no meio subterrâneo, sendo a poluição dominada pelos

lixiviados das cinzas, estará marcada sobretudo por um aumento do sódio, potássio, e sílica; no meio hídrico superficial os poluentes mais significativos são: carbono, potássio, cálcio, cobre, zinco e manganês. Além da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, os incêndios florestais deixam, anualmente, a sua marca ao nível do escoamento superficial, erosão, infiltração de água no solo, qualidade do solo e *stress* nos ecossistemas.

5. Estratégias de adaptação dos recursos hídricos às alterações Climáticas

A necessidade de mitigação das AC e de prevenção dos seus impactes tem focado a atenção política na redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Simultaneamente com a prioridade de mitigação das AC há também uma necessidade urgente de desenvolver estratégias de adaptação, dado que existe uma crescente convicção de que mesmo que as emissões de GEE sejam estabilizadas, a temperatura média global continuará a aumentar durante as próximas décadas, bem como impactes associados.

Existem vários estudos em diversos países que abordam a exposição às alterações climáticas de estruturas e sistemas específicos de gestão da água, sugerindo potenciais medidas de adaptação (Tanaka *et al.*, 2006; O'Hara e Georgakakos, 2008; Medellín-Azuara *et al.*, 2008), abordagens para incorporar as AC na gestão da água (Connell

et al., 2005; Groves *et al.*, 2008, Charlton e Arnell, 2001) ou ainda de análise ao modo como têm sido consideradas e desenvolvidas estratégias de adaptação na gestão da água (Dessai e Hulme, 2007).

Ao nível da União Europeia, foi estabelecido, em 2006, o Programa Europeu para as Alterações Climáticas, com o principal objectivo de explorar as opções para aumentar a resiliência Europeia aos impactes das AC. A Directiva Quadro da Água (DQA, Directiva 2000/60/CE, de 23 de outubro), apesar de não abordar a questão das AC, é um instrumento chave na definição de políticas de adaptação no sector da água. Visando a gestão sustentável dos recursos hídricos e dos ecossistemas a longo prazo, exige aos Estados-Membros que apliquem uma abordagem de bacia hidrográfica, que definam objectivos de qualidade claros, e que definam e implementem planos de gestão (EEA, 2007).

Em Portugal, vários instrumentos legislativos têm sido preparados com disposições técnicas, económicas e financeiras que influenciam os usos da água: i) a nova lei da água (Lei 58/2005, de 4 de setembro, que transpõe a DQA); ii) um novo regime económico e financeiro para a água; iii) um Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água; e iv) instrumentos técnicos relacionados com um esforço na produção de bases de dados nacionais fiáveis e realização de campanhas de obtenção de novos dados.

Uma vez que os recursos hídricos são

indispensáveis a vários sectores socioeconómicos incluindo a agricultura, indústria, biodiversidade e saúde humana, a adaptação do sector da água às AC deve ser incorporada em todas as políticas sectoriais.

De acordo com to Bergkamp *et al.* (2003) podem ser estabelecidas três prioridades em relação à adaptação às AC no sector da água:

- 1) Redução da vulnerabilidade das pessoas e da sociedade às alterações nas tendências hidrometeorológicas, aumento da variabilidade e eventos extremos;
- 2) Protecção e recuperação de ecossistemas que forneçam recursos hídricos e serviços críticos;
- 3) Redução da procura de água através de esforços sustentados para equilibrar o ciclo oferta / procura de água.

Os países sempre tiveram que responder a eventos climáticos extremos decorrentes da variabilidade climática e existe uma ampla gama de respostas possíveis para enfrentar os impactes das AC sobre os recursos hídricos, exigindo diferentes níveis de investimento, pelo que será possível implementar medidas de adaptação às AC através de modificações das estruturas existentes, como é o caso das desenvolvidas para prevenção de inundações e secas. No entanto, é também claro que serão necessárias políticas e medidas adicionais para gerir eventos extremos mais frequentes.

Uma estratégia de adaptação bem sucedida necessita de uma abordagem comum e integrada, que deverá começar pelo uso

mais eficiente da água em todos os sectores. No entanto, além de um sistema de fornecimento mais eficiente, são essenciais alterações no estilo de vida bem como nos padrões de consumo e produção da sociedade, assim todos os sectores relevantes relacionados com a água devem ser integrados sob um processo de gestão da adaptação comum.

A agricultura em particular pode contribuir fortemente para a adaptação: a produção agrícola terá de tomar partido das alterações climáticas e seus efeitos na disponibilidade e qualidade da água (EcoLogic, 2007); há também espaço para aumentar a capacidade adaptativa dos sistemas agrícolas Europeus, incluindo alterações no uso do solo e na produtividade das culturas. A produção de energia e electricidade têm também um papel importante na mitigação e adaptação, uma vez que o aumento da eficiência energética deverá também ter um papel chave nas políticas europeias e nacionais. No sector do turismo, a promoção da implementação do uso eficiente dos recursos hídricos deverá ser uma prioridade, assim como o aumento da sensibilização e alteração de comportamentos entre os promotores de turismo e respectivos utilizadores. A diversificação de actividades turísticas poderá dar um contributo adicional de modo a tornar o sector mais resiliente a alterações nas condições climáticas e na disponibilidade de recursos.

Finalmente, os instrumentos

económicos, tais como os estabelecidos na DQA, deverão ser amplamente aplicados para recuperar os custos de adaptação às AC, incluindo os custos externos, e para assegurar que os custos sejam equitativamente distribuídos por todos.

Os países do Sul da Europa, como Portugal, estão já cientes dos fortes impactes negativos da seca, seja esta provocada por alterações no clima ou apenas derivada de variabilidade climática. Estão já em campo diversos tipos de acções de adaptação envolvendo: infra-estruturas (ex. medidas técnicas para aumentar a oferta de água e a eficiência dessa oferta), medidas do lado da procura (ex. restringir o uso de água) e instrumentos económicos. No que respeita às inundações, apesar dos países do Norte da Europa estarem mais expostos a eventos extremos de precipitação, Portugal, como país costeiro, terá de considerar o aumento do nível médio do mar um aspecto importante para o qual deverão ser definidas e implementadas medidas de adaptação. Estas incluem medidas técnicas de protecção contra inundações (diques, muros e melhoria da drenagem), infra-estruturas de protecção costeira melhoradas, restrição à construção em zonas de risco, e revisão das normas, códigos e regulamentos de construção.

Em Portugal a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas relacionada com os Recursos Hídricos (ENAAAC-RH), está actualmente em discussão. A ENAAAC-RH tem como

objectivo identificar, discutir e obter consensos sobre as principais linhas de actuação relacionadas com acções de adaptação, no âmbito dos recursos hídricos, face às alterações climáticas. O trabalho a desenvolver é pois dividido em vários sectores, incluindo: o planeamento e gestão de recursos hídricos (inclui gestão de riscos de cheias, secas e qualidade da água); os serviços da água (inclui abastecimento de água urbano e industrial e drenagem e tratamento de águas residuais); a agricultura e florestas (inclui consumo de água, erosão e poluição difusa); a produção de energia; os ecossistemas aquáticos; as zonas costeiras (inclui consumo de água, ordenamento do território e qualidade da água); e o turismo (inclui navegação).

As principais acções propostas na ENAAAC-RH estão centradas em três grandes eixos:

- i) Redução da exposição dos sistemas e actividades aos fenómenos climáticos (acções que procurem diminuir as pressões sobre o ambiente aquático, incluindo a procura de água e as descargas de contaminantes de modo a reduzir o stress não climático; e acções que visem reduzir os riscos de situações adversas, tais como inundações e secas);
- ii) Aumento da robustez e resiliência de sectores expostos a fenómenos climáticos (acções destinadas a aumentar a capacidade para lidar com novos padrões de variabilidade climática, tais como o

aumento da monitorização, previsão e de sistemas de alerta);

- iii) O aprofundamento do conhecimento na área de avaliação dos impactes das AC e da viabilidade de possíveis estratégias de adaptação (resultantes do reconhecimento de que a informação disponível é ainda escassa de modo a delinear um programa de adaptação proactivo e intervencionista com medidas muito concretas).

O carácter transversal dos recursos hídricos implica que a execução de estratégias abranja todos os sectores da sociedade expostos às alterações climáticas e aqueles que se constituem como transmissores dos impactes.

6. Gestão dos Riscos das Alterações Climáticas na Gestão da Água

A existência de uma estratégia bem definida no sector da água, a elaboração e concretização dos Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas e o envolvimento crescente da sociedade na gestão e uso eficiente deste recurso afiguram-se como factores positivos e decisivos na evolução deste factor crítico. Há que ter em conta que os recursos hídricos constituem uma das variáveis de mais difícil previsibilidade face a constrangimentos impostos pelas alterações climáticas. Nesta perspectiva, alguns países têm vindo a desenvolver linhas de orientação para o planeamento dos recursos hídricos que consideram as implicações das alterações climáticas na gestão da água (UK

Environmental Agency, 2011).

De acordo com o estabelecido no artigo 28.º da Lei da Água, o Plano Nacional da Água (PNA) é o instrumento de gestão das águas, de natureza estratégica, que estabelece as grandes opções da política nacional da água e os princípios e as regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de bacias hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas. A elaboração do PNA 2010 engloba (URL2):

- a) Uma análise dos principais problemas das águas à escala nacional que fundamente as orientações estratégicas, as opções e as prioridades de intervenção política e administrativa neste domínio;
- b) Um diagnóstico da situação à escala nacional com a síntese, articulação e hierarquização dos problemas e das potencialidades identificados;
- c) A definição de objectivos que visem formas de convergência entre os objectivos da política de gestão das águas nacionais e os objectivos globais e sectoriais de ordem económica, social e ambiental;
- d) A síntese das medidas e acções a realizar para atingir os objectivos estabelecidos e dos consequentes programas de investimento, devidamente calendarizados;
- e) Um modelo de promoção, de acompanhamento e de avaliação da sua aplicação.

Apesar da considerável quantidade de trabalho já desenvolvido sobre os riscos das AC, subsistem ainda incertezas relativas aos

impactes nos recursos hídricos que necessitam de investigação mais profunda. Na Tabela 2 são identificados os problemas associados à

gestão do risco das AC nos recursos hídricos e os principais objectivos e medidas para minimização desses problemas.

Tabela 2. Problemas, objetivos e medidas para a gestão do risco das alterações climáticas na gestão da água

Principais problemas	Objectivos específicos	Medidas a adoptar
- Exposição de pessoas e bens a eventos climáticos adversos	- Reduzir o risco e exposição de pessoas e bens; - Aumentar a capacidade de detecção, alerta e resposta; - Aumentar o conhecimento da população sobre AC e seus impactes e boas práticas de adaptação;	- Investir e melhorar sistemas de modelação e monitorização climática; - Desenvolver plataformas de informação, comunicação e educação para sensibilização, - Formação e alerta da população;
- Impactes sobre os recursos hídricos (qualidade e quantidade)	- Aumentar o conhecimento científico da vulnerabilidade dos recursos hídricos às AC;	- Aprofundar o conhecimento sobre os impactos das AC nos RH – aspectos técnicos, ambientais, económicos e sociais;
- Incerteza no conhecimento dos impactos directos e indirectos	- Aumentar a capacidade de previsão, em particular de eventos climáticos extremos;	- Desenvolver projectos de investigação
- Gestão de bacias Luso-Espanholas (Minho, Douro, Lima, Tejo, Guadiana)	- Promover a cooperação internacional, designadamente luso-espanhola, no domínio da gestão da água e AC.	- Promover a integração de políticas internacionais no domínio da água.

Para além dos identificados, outros objectivos e medidas devem ser consideradas, orientadas para mitigação dos riscos decorrentes dos impactes das AC (medidas de adaptação), designadamente na mitigação das cheias e inundações, seca, erosão costeira, contaminação antrópica dos recursos hídricos, entre outros.

7. Conclusões

As alterações nos regimes de precipitação e de temperatura, verificadas nos

últimos dois séculos, afectam a disponibilidade e fornecimento de água, sendo também de considerar os seus efeitos na qualidade da água. Espera-se que nas próximas décadas haja um aumento no consumo de água, em especial no sector agrícola devido à irrigação, mas também no consumo humano, particularmente na época de verão. Outro aspecto relevante é o facto de a ameaça das AC poder provocar a alteração da caracterização probabilística de variáveis críticas para o dimensionamento de infra-

estruturas e avaliação da sua segurança.

Observações meteorológicas em Portugal desde 1857 permitem a detecção de variações significativas nos padrões climáticos, nomeadamente o aumento da temperatura superficial média, variações nos padrões de precipitação espaciais e intra- anuais, e aumento do nível médio do mar. Os impactes das AC, por exemplo nos fogos florestais, conduzem a perda de biodiversidade, à erosão do solo, diminuição da capacidade de infiltração e carga dos aquíferos, aumento do escoamento superficial e do risco de cheias, inundações e deslizamentos. Estes aspectos são alguns dos potenciais factores de risco associados às AC na gestão dos recursos hídricos.

O planeamento de estratégias de minimização dos efeitos e de adaptação aos impactes das AC têm sido, nas últimas décadas, foco de atenção um pouco por todo o mundo. Estas estratégias devem ser implementadas de forma integrada, promovendo o uso eficiente dos recursos hídricos em todos os sectores de actividade. Por outro lado, as estratégias e medidas propostas para a gestão do risco das AC nos recursos hídricos devem incluir incentivos ao desenvolvimento de ferramentas de previsão climática mais robustas, de programas de monitorização climática e das bacias hidrográficas e sistemas de alerta em situações de emergência. O desenvolvimento do conhecimento científico sobre os impactes das alterações climáticas nos recursos hídricos

e a redução da incerteza dos cenários climáticos é imprescindível para a tomada de decisão no planeamento de estratégias futuras.

As AC constituem um desafio para a política da água, mas também uma oportunidade de gestão mais racional, eficiente e sustentável deste recurso, em Portugal e no mundo em geral.

8. Referências

Bergkamp, G.; Orlando, B.; Burton, & Change I. (2003). *Adaptation of Water Management to Climate Change*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, the United Kingdom. 53 pp.

Charlton, M. & Arnell, N. (2011). *Adapting to climate change impacts on water resources in England – An assessment of draft Water Resources management Plans*. *Global Environmental Change* 21, 238-248.

Carvalho, A.; Flannigan, M.; Logan, K.; Gowman, L.; Miranda A.I. & Borrego, C. (2009). *The impact of spatial resolution on area burned and fire occurrence projections in Portugal under climate change*. *Climatic Change* pp 177–197.

Connell, R.K.; Willows, R.; Harman, J. & Merrett, S., A. (2005). *Framework for climate risk management applied to a UK water resource problem*. *Water and Environment Journal* 19 (4), 352–360.

Dessai, S. & Hulme, M. (2007). *Assessing the robustness of adaptation decisions to climate*

change uncertainties: A case study on water resources management in the East of England. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 17 (1), 59–72.

Dias, J. A.; Ferreira, O.; Pereira, A. & Ramos (1994). Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré. Edição electrónica de 2005: w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks.

DIRECTIVA 2000/60/CE (2000). Diretiva Quadro da Água para a União Europeia. 23 de outubro de 2000, Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho.

ECOLOGIC - INSTITUTE FOR INTERNATIONAL AND EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY. (2007). Conclusions from the International Symposium *Time to Adapt – Climate Change and The European Water Dimension*, Berlin, 12-14 February 2007. EcoLogic, Berlin, 8 pp.

EEA - CLIMATE CHANGE AND WATER ADAPTATION ISSUES. (2007). European Environmental Agency, Technical report 2/2007, ISSN 1725-2237, 94 pp.

EEA - SAFE WATER AND HEALTHY WATER SERVICES IN A CHANGING ENVIRONMENT. (2011). European Environmental Agency Technical, report 7/2011, ISSN 1725-2237, 33 pp.

Ferreira, J. P.; Oliveira, M.; Novo, M. E.; Laranjeira, I.; Leitão, Henriques, M.J.;

Martinho, N., T.; Quinta-Nova, L.; Fernandez, P.; Lopes, M.H.; Peralta, E.; Tujeira, R.; ROQUE, N.; Dias, S.; Mestre, S.,; Freire, M.; Galhetas, M.; Gomes, S.; Matos, C. & Gamboa, M. (2009). Avaliação do Impacte de Fogos Florestais nos Recursos Hídricos Subterrâneos. Relatório final do projecto POCI/AGR/59180/2004.

Ferreira, O. (2010). Riscos Costeiros – Identificação e Prevenção. CIMA. Seminário Internacional, Gestão de Riscos Ambientais.

Groves, D.G.; Yates, D. & Tebaldi, C. (2008). Developing and applying uncertain global climate change projections for regional water management planning. *Water Resources Research* 44 (12), W12413.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA – BOLETIM CLIMATOLÓGICO ANUAL (2005). (<http://www.meteo.pt>)

INSTITUTO DE METEOROLOGIA – BOLETIM CLIMATOLÓGICO ANUAL (2009). (<http://www.meteo.pt>)

IPCC - 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 Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104, 2008.

IPCC. CLIMATE CHANGE AND WATER. Intergovernmental Panel on Climate Change, Technical Paper VI, Geneva, 210 pp.

LEI Nº 58/2005. (2005). Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. Diário da República Portuguesa nº 249, Série I-A de 2005-12-29.

LEI N.º58/2007 (2007). de 4 de setembro, aprova o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), Relatório anexo.

Medellin-Azuara, J.; Harou, J. J.; Olivares, M. A.; Madani, K.; Lund, J. R.; Howitt, R. E.; Tanaka, S. K.; Jenkins, M. W. & Zhu, T. (2008). Adaptability and adaptations of California's water supply system to dry climate warming. *Climatic Change* 87, S75–S90.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2000). Millenium Declaration. A/RES/55/2.

O'Hara, J. K. & Georgakakos, K. R. (2008). Quantifying the urban water supply impacts of climate change. *Water Resources Management* 22 (10), 1477–1497.

Pires, V.; Marques, J.; Nunes, L. F.; Cota, T. & Mendes L. (2009). Evolução Climática de Portugal Continental. Nota Técnica Nº DOMC 20/2009-011. IM, Lisboa.

Pires, V. C.; Silva, A. & Mendes, L. (2010).

Riscos de Secas em Portugal Continental. *Territorium* 17, 2010, 27-33 pp.

PLANO NACIONAL DA ÁGUA (2010). Relatório de Caracterização e Diagnóstico. “Serviços Especializados para a Execução dos Trabalhos relativos ao Tema Estratégico 4 do PNA 2010 – Gestão Sustentável de Riscos” (versão de trabalho).

Santos, F. D.; Forbes, K. & Moita, R. (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project*, Gradiva, Lisboa, Portugal, 454 pp.

Santos, F. D. & Miranda, P. (2006). *Alterações climáticas em Portugal : Cenários, Impactes e medidas de adaptação – Projecto SIAM II*, Gradiva, Lisboa, Portugal, 505 pp.

Tanaka, S. K.; Zhu, T.; Lund, J. R.; Howitt, R. E.; Jenkins, M. W.; Pulido, M. A.; Tauber, M.; Ritzema, R. S. & Ferreira, I. C. (2006). Climate warming and water management adaptation for California. *Climatic Change* 76 (3–4), 361–387.

UK ENVIRONMENTAL AGENCY (2011). *Water resources planning guideline*. Environment Agency, Bristol, UK, 2011. <http://publications.environment-agency.gov.uk/PDF/GEHO0411BTWD -E-E.pdf>.

UNEP GLOBAL ENVIRONMENTAL OUTLOOK GEO4, ENVIRONMENT FOR DEVELOPMENT. (2007). United Nations

Environment Programme, Progress Press Ltd,
Malta.

URL1: [www.grida.no/graphicslib/collection/
vital-water-graphics](http://www.grida.no/graphicslib/collection/vital-water-graphics)

UNESCO. (1978). World water balance and
water resources of the earth, UNESCO
Publication, Moscovo, URSS, 638p.

URL2: www.pna2010.inag.pt/

URL3: www.water.ca.gov