

**ESTRATÉGIA SETORIAL DE ADAPTAÇÃO AOS
IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
RELACIONADOS COM OS RECURSOS HÍDRICOS**

Agosto de 2013

Apresentação

A água é o principal elemento através do qual as alterações climáticas podem produzir impactos na população, nas atividades económicas e sociais, e nos ecossistemas. A subida do nível médio do mar e as alterações previstas nos regimes de temperatura, precipitação e de escoamento afetam a quantidade e a qualidade das disponibilidades de água, condicionam todos os usos da água e, nalgumas regiões, acentuam os fatores de risco de situações de inundação e seca. É, por isso, natural que na sequência da aprovação da *Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas* que identifica a água como um dos nove setores prioritários, se analise a *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* como a primeira contribuição abrangente para o desenvolvimento de uma sociedade mais resiliente às alterações climáticas.

A adaptação a um clima em mudança exige a atualização da forma como a sociedade protege e gere os seus recursos hídricos. A estratégia aqui proposta assume que as alterações climáticas constituem uma fonte de pressão e de incerteza suscetível de influenciar os valores futuros da disponibilidade e da procura de água, adicional a outras decorrentes da dinâmica da sociedade. Nesse sentido, o desafio deve ser assumido de forma transversal e coerente no quadro institucional e legal existente, recorrendo à experiência acumulada do corpo técnico das várias organizações do estado e das empresas e, sempre que possível, aos atuais instrumentos de planeamento e de gestão de recursos hídricos.

A dimensão do desafio exigirá, no entanto, uma visão aberta e de longo prazo e um empenhamento reforçado na procura das melhores soluções que permitam desenvolver uma política eficaz e flexível, capaz de evoluir à medida que o nosso conhecimento progride e de reagir rapidamente a situações específicas. O aumento da eficiência da utilização da água, o desenvolvimento dos sistemas de tratamento e de reutilização da água mais eficazes, o aperfeiçoamento dos sistemas de monitorização e de previsão, a melhoria do conhecimento, a melhoria dos processos de tomada de decisão e o aumento da capacidade de armazenamento e de adução de água são algumas das apostas que podem contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade mais preparada para um quadro climático em mudança, assegurando simultaneamente a proteção dos recursos hídricos e a gestão dos riscos associados à água. A médio ou a longo prazo é possível perspetivar soluções inovadoras com impacto muito positivo na gestão dos recursos hídricos, como a dessalinação da água do mar de baixo custo e sem emissões de gases com efeito de estufa, ou o aumento do horizonte temporal da previsão meteorológica.

A construção de uma sociedade mais resiliente às alterações climáticas é um longo e permanente desafio que tem que ser assumido por todos, num processo aberto a novas ideias e práticas, suscitadas pela reflexão, debate e experiência que deve ser alargado a todos os níveis da sociedade.

O Estado tem a missão de orientar e de promover a implementação das medidas mais adequadas aos níveis nacional, regional, local e individual. A conceção e o desenvolvimento de medidas concretas é, na maioria dos casos, responsabilidade das empresas e das organizações dos setores privado e empresarial do Estado. A nível individual, somos também convocados para assumir uma atitude prudente e adotar medidas que nos protejam da variabilidade climática e, em especial, hidrológica.

A presente *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* explicita um vasto, mas coerente, conjunto de medidas a desenvolver pelos vários setores utilizadores de água, atribuindo responsabilidades e perspetivando prazos de aplicação. A pormenorização de medidas concretas adaptadas a situações específicas caberá a cada organização, esperando-se que os exemplos de boas práticas divulgados neste documento inspirem os vários agentes a desenvolver soluções específicas que aumentem a resiliência dos sistemas à sua responsabilidade. E embora ainda exista uma incerteza significativa associada aos vários cenários climáticos, a resposta a este desafio deve ser iniciada de imediato.

Lisboa, Agosto de 2012

Nuno Lacasta

Presidente da Agência Portuguesa do Ambiente

Manuel Lacerda

Vice-presidente da Agência Portuguesa do Ambiente

Agradecimentos

Uma iniciativa como a *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* (ESAAC-RH) deve merecer a contribuição e o envolvimento muito alargado das entidades e profissionais do setor. Nesse sentido, a equipa de autores deste documento convidou especialistas de várias entidades a explicitarem as suas preocupações sobre os impactos das alterações climáticas e a sua visão sobre as medidas de adaptação mais adequadas. Esta troca de impressões contribuiu de forma decisiva para melhorar as propostas formuladas.

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto da Água, atualmente integrado na Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a confiança demonstrada na atribuição da tarefa de elaborar esta estratégia. São devidos agradecimentos especiais ao Dr. Orlando Borges, ao Eng.º Rocha Afonso, ao Dr. Nuno Lacasta, ao Eng.º Manuel Lacerda, ao Eng.º Rui Rodrigues e à Eng.ª Cláudia Brandão. Agradecem-se também os comentários do Dr. Paulo Canaveira, do Comité Executivo da Comissão das Alterações Climáticas, agora integrado na APA, e do Eng.º José Paulino, também da APA.

É importante reconhecer as contribuições das ex-Administrações de Região Hidrográfica, nomeadamente dos seus presidentes e de alguns técnicos, que comentaram as versões preliminares da ESAAC-RH. Os respetivos comentários relativos ao planeamento e gestão de recursos hídricos e às zonas costeiras enriqueceram significativamente o documento final.

No setor dos serviços da água, agradece-se à ERSAR, nomeadamente ao seu Presidente Eng.º Jaime Melo Baptista, e à Águas de Portugal, que tomou a iniciativa de organizar uma sessão de debate interna para analisar o impacto das alterações climáticas na operação das empresas do grupo. São devidos agradecimentos especiais ao Eng.º Pedro Serra e à Eng.ª Alexandra Serra por esta iniciativa. A troca de impressões com os técnicos dos Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Almada foi também extremamente útil.

Agradecem-se os comentários sobre as propostas preliminares para o setor da biodiversidade e ecossistemas amavelmente transmitidos pelo Eng.º João Gonçalves, da Energias de Portugal (EDP), pelas Dr.ªs Vânia Proença e Filomena Magalhães, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e pelo Dr. Pedro Raposo Almeida, da Universidade de Évora. Estes comentários foram muito apreciados e contribuíram para melhorar e enriquecer este relatório.

As propostas preliminares para o setor da agricultura e florestas foram debatidas com a Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), Confederação de Agricultores de Portugal (CAP), Federação Nacional de Regantes de Portugal (FENAREG) e com a Empresa de

Desenvolvimento de Infraestruturas de Alqueva (EDIA), a quem se agradece os comentários recebidos.

Reconhecem-se também os comentários da EDP para o setor da produção de energia elétrica.

Uma versão preliminar da ESAAC-RH foi apresentada e debatida em sessão pública, organizada em colaboração com a Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Foram muitos os que contribuíram para o debate, merecendo por isso o reconhecimento dos autores.

Os autores

Índice de texto

Apresentação	i
Agradecimentos	iii
Índice de texto.....	v
Índice de figuras	ix
Índice de quadros.....	xi
Lista de acrónimos.....	xii
Coordenadores e autores.....	xv
Coordenadores.....	xv
Autores.....	xv
Sumário executivo.....	1
Executive summary	9
1 Enquadramento e objetivos.....	15
2 Alterações climáticas e recursos hídricos	19
2.1 Introdução	19
2.2 Cenários e modelos	19
2.3 Impactos sobre as variáveis do ciclo hidrológico	22
2.4 Impactos sobre o nível médio do mar.....	24
2.5 Impactos sobre a qualidade do meio aquático	25
2.6 Impactos sobre os setores utilizadores da água	26
2.7 Custos associados aos impactos.....	26
2.8 Custos associados à mitigação	28
2.9 Considerações finais.....	29
3 Adaptação às alterações climáticas	31
3.1 Necessidade de adaptação.....	31
3.2 Desafios da adaptação.....	32

3.3	Princípios da adaptação.....	34
3.4	Adaptação e gestão integrada dos recursos hídricos.....	36
3.5	Custos da adaptação	38
4	Estratégia setorial de adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água.....	41
4.1	Estrutura.....	41
4.2	Objetivos.....	43
4.3	Programas de medidas	45
4.4	Instrumentos	47
5	Estratégia de adaptação aos impactos relacionados com o planeamento e gestão dos recursos hídricos	49
5.1	Introdução	49
5.2	Programas de medidas de adaptação	49
5.3	Considerações finais.....	56
6	Estratégias de adaptação aos impactos das alterações climáticas nos setores utilizadores de água.....	57
6.1	Introdução	57
6.2	Ecosistemas aquáticos e biodiversidade.....	57
6.2.1	Introdução	57
6.2.2	Breve caracterização dos ecossistemas e da biodiversidade nos meios aquáticos continentais portugueses.....	59
6.2.3	Impactos das alterações climáticas medidos pela água nos ecossistemas e na biodiversidade	62
6.2.4	Adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água nos ecossistemas e na biodiversidade	71
6.2.5	Programas de medidas de adaptação relacionadas com os ecossistemas e a biodiversidade	75
6.2.6	Considerações finais	80

6.3	Serviços de águas.....	81
6.3.1	Introdução	81
6.3.2	Breve caracterização do setor dos serviços de águas em Portugal.....	81
6.3.3	Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos serviços de águas	83
6.3.4	Adaptação aos impactos das alterações climáticas.....	85
6.3.5	Programas de medidas de adaptação	86
6.3.6	Considerações finais	91
6.4	Agricultura e florestas	91
6.4.1	Introdução	91
6.4.2	Breve caracterização dos sistemas de ocupação e uso atual dos solos agrícolas e florestais.....	93
6.4.3	Impactos das alterações climáticas mediados pela água na agricultura e florestas	95
6.4.4	Adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água na agricultura e florestas.....	99
6.4.5	Programas de medidas de adaptação relacionados com a agricultura e florestas	101
6.4.6	Considerações finais	109
6.5	Produção de energia elétrica.....	110
6.5.1	Introdução	110
6.5.2	Breve caracterização do setor energético em Portugal. Produção de energia elétrica	111
6.5.3	Impactos das alterações climáticas mediados pela água na produção de energia elétrica	117
6.5.4	Adaptação aos impactos das alterações climáticas.....	123
6.5.5	Programas de medidas de adaptação relacionadas com a produção de energia	126
6.5.6	Considerações finais	131
6.6	Turismo.....	131

6.6.1	Introdução	131
6.6.2	Breve caracterização do setor do turismo em Portugal	132
6.6.3	Impactos das Alterações Climáticas mediados pela água no Turismo	133
6.6.4	Adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água no turismo.....	134
6.6.5	Programas de medidas de adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água no turismo	135
6.6.6	Considerações finais	139
6.7	Zonas costeiras	139
6.7.1	Introdução	139
6.7.2	Breve caracterização da zona costeira de Portugal continental.....	140
6.7.3	Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos sistemas litorais.....	142
6.7.4	Adaptação aos Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos sistemas litorais	146
6.7.5	Programas de medidas de adaptação aos Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos sistemas litorais	147
6.7.6	Considerações finais	153
7	Conclusão	154
	Bibliografia.....	157

Índice de figuras

Figura 1 – Impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos	22
Figura 2 – Representação esquemática da evolução de custos e benefícios de medidas de adaptação.....	33
Figura 3 – Níveis de risco face à calendarização de um projeto de adaptação	34
Figura 4 - Modelo conceptual de relação dos conceitos de adaptação, exposição, robustez e resiliência.....	42
Figura 5 – Relação entre objetivos e programa de medidas.....	46
Figura 6 – Efeitos das alterações climáticas em ecossistemas de águas interiores	63

Índice de quadros

Quadro 1– Síntese dos resultados do projeto PESETA para o sul da Europa (JRC, 2009).....	28
Quadro 2 – Estimativas de custos adicionais de investimento necessário em 2030 para cobrir os custos de adaptação (UNFCCC, 2007)	39
Quadro 3 – Comparação das estimativas dos custos anuais de adaptação (10 ⁹ USD/ano).....	39
Quadro 4 – Estimativas de custos médios anuais de adaptação para o período 2010-2050 para a Europa e Ásia Central	40
Quadro 5 – Estimativas de custos dos impactos das alterações climáticas para as zonas costeiras da União Europeia e dos benefícios das medidas de adaptação (JRC, 2009).....	40
Quadro 6 – Objetivos estratégicos e específicos da ESAAC-RH	44
Quadro 7 - Relação entre objetivos estratégicos, programa de medidas e setores	47
Quadro 8 – Programas e medidas de adaptação - Planeamento e gestão de recursos hídricos.....	54
Quadro 9 - Impactos primários e secundários potenciais das alterações climáticas.....	71
Quadro 10 - Programas e medidas de adaptação. Ecossistemas e biodiversidade	79
Quadro 11– Programas e medidas de adaptação para os Serviços de Águas	89
Quadro 12 - Programas e medidas de adaptação. Agricultura e florestas	107
Quadro 13 – Sistema produtor. Satisfação do consumo.....	115
Quadro 14 – Sistema produtor. Potência instalada a 31 de dezembro	115
Quadro 15 – Novos projetos hidroelétricos. Situação em setembro de 2012.....	117
Quadro 16 – Principais centrais hidroelétricas a 31 de dezembro de 2011	120
Quadro 17 – Centrais termoelétricas	122
Quadro 18 – Centrais hidroelétricas	122
Quadro 19 - Programas e medidas de adaptação. Produção de energia elétrica	129
Quadro 20 - Programas e medidas de adaptação. Turismo.....	137
Quadro 21 - Programas e medidas de adaptação. Zonas costeiras	151

Lista de acrónimos

AFN – Autoridade Florestal Nacional

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil

CAE - Contratos de Aquisição de Energia

CM – Câmara Municipal

CERES – Crop Environment Resource Synthesis

CMEC - Custos de Manutenção do Equilíbrio Contratual

CSM – Cropping System model

DGF – Direção-Geral das Florestas

DGRF – Direção-Geral de Recursos Florestais

DGT – Direção-Geral do Território

DQA – Diretiva-Quadro da Água (Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000)

EDP – Energias de Portugal

EDIA – Empresa de Desenvolvimento de Infraestrutura de Alqueva

EG – Entidade Gestora ENAAC – Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas

ENEAPAI – Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais

EPAL - Empresa Portuguesa de Águas Livres

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

ESAAC-RH - Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos

ETA - Estação de Tratamento de Água

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

GEE – gases de efeito de estufa

IH – Instituto Hidrográfico

INE – Instituto Nacional de Estatística

INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, agora IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

I&D – Investigação e desenvolvimento

IPPC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas)

LA - Lei da Água (Lei n.º 58/2005)

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MAMAOT – Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território

NMM – Nível médio das águas do mar

PAC - Política Agrícola Comum

PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais para o período 2007-2013

PET - Temperatura Fisiológica Equivalente

PGRH – Plano de Gestão de Recursos Hídricos

PIB – Produto Interno Bruto

PIN - Projeto de Interesse Nacional

PBH – Plano de Bacia Hidrográfica

PDM – Plano Diretor Municipal

PNA – Plano Nacional da Água

PNUE – Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água

POOC – Plano de Ordenamento de Orla Costeira

REN – Rede Elétrica Nacional

SAF – Superfície Agrícola e Florestal

SAU – Superfície Agrícola Utilizada

SF – Superfície Florestal

SIAM - Scenarios, Impacts and Adaptation Measures

SIMTEJO - Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão

SNIRH - Sistema Nacional de Informação sobre os Recursos Hídricos

TCI - Índice Climático Turístico

UE – União Europeia

UNDP – *United Nations Development Program* (Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas)

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas)

WUE - *Water Use Efficiency* (eficiência do uso de água)

ZV – Zonas vulneráveis

Coordenadores e autores

Coordenadores

Rodrigo Proença de Oliveira, *Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico.*

Luís Veiga da Cunha, *Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.*

Autores

Recursos hídricos

Rodrigo Proença de Oliveira, *Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico.*

Luís Veiga da Cunha, *Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.*

Ecossistemas aquáticos e biodiversidade

Teresa Ferreira, *Instituto Superior de Agronomia.*

António Guerreiro de Brito, *Universidade do Minho.*

Serviços da água

José Saldanha Matos, *Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico.*

Rodrigo Proença de Oliveira, *Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico.*

Agricultura e florestas

Ana Paiva Brandão, *Agroges, Sociedade de Estudos e Projetos, Lda.*

Francisco Avillez, *Agroges, Sociedade de Estudos e Projetos, Lda.*

Produção de energia

João Nascimento Baptista, *ELECPOR, Associação Portuguesa das Empresas do Setor Elétrico.*

Turismo

Filipe Duarte Santos, *Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço; Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

Daniel Borrego, *Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço; Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

Zonas costeiras

César Andrade, *Centro de Geologia da Universidade de Lisboa; Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

Maria da Conceição Freitas, *Centro de Geologia da Universidade de Lisboa; Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

Rui Taborda, Lattex-IDL, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Maria do Rosário Carvalho, *Centro de Geologia da Universidade de Lisboa; Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

Filipe Duarte Santos, *Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço; Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.*

Sumário executivo

A resposta à mudança do clima exige ação através de dois eixos principais: mitigação e adaptação. A mitigação visa reduzir as emissões dos gases com efeito de estufa que causam o aquecimento global, enquanto as medidas de adaptação têm por objetivo preparar a sociedade para um novo regime climático e, dessa forma, diminuir os seus impactos económicos, sociais e ambientais. O setor da água intervém nestes dois tipos de resposta, mas assume um papel central no domínio da adaptação, por constituir o principal veículo de transmissão dos impactos das alterações climáticas noutros setores, como nos serviços de água, na agricultura, nas florestas, na energia e produção industrial, nos ecossistemas e na biodiversidade e zonas costeiras.

Na sequência dos esforços empreendidos para reduzir emissões de gases com efeito de estufa, o Governo Português aprovou a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC)¹ que identifica nove prioritários. A inclusão dos "recursos hídricos" e das "zonas costeiras" entre estes nove setores prioritários constitui um sinal da importância que Portugal atribui à adaptação em setores relacionados com a água. A Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos constitui a primeira contribuição abrangente do setor da água para os esforços em curso no quadro da ENAAAC, no sentido de desenvolver uma sociedade mais resiliente às alterações climáticas.

A água é utilizada no consumo humano e industrial, na rega para agricultura, na produção de energia, na navegação e recreio e na manutenção de ecossistemas saudáveis, com destaque para os ecossistemas aquáticos. É também utilizada como meio de receção de descargas de águas residuais. A disponibilidade de água e a sua qualidade, bem como o risco de eventos extremos como inundações e secas, condicionam a localização de cidades, áreas agrícolas e florestais, unidades industriais e centrais de produção de energia. Estas utilizações de água têm vindo a concretizar-se com infraestruturas e procedimentos que foram definidos ao longo de séculos, tendo em conta um dado quadro climático. A alteração deste quadro obriga a que se proceda a uma análise global do desempenho de todo o sistema de recursos hídricos para as novas condições climáticas.

As alterações climáticas têm impactos significativos na distribuição temporal e espacial da disponibilidade dos recursos hídricos, na qualidade da água e no risco de ocorrência de cheias e secas. A estes impactos diretos acrescem os efeitos indiretos resultantes de transformações das

¹ Resolução do Conselho de Ministros N.º 24/2010

atividades económicas e sociais que podem agravar as pressões sobre o meio hídrico, designadamente através de um aumento da procura de água ou de um aumento da carga poluente afluyente às massas de água. Os impactos sobre os recursos hídricos refletem-se, por sua vez, nos diversos setores utilizadores da água, e também nos ecossistemas aquáticos.

Os países do sul da Europa, nomeadamente aqueles em torno da bacia do Mediterrâneo, como Portugal, Espanha, Itália e Grécia, estão entre os países da Europa mais afetados pelas alterações climáticas. Portugal irá provavelmente experimentar um aumento das assimetrias sazonais e espaciais na distribuição da precipitação, uma diminuição da disponibilidade de água no sul do País, um aumento dos riscos de cheias e de seca e um agravamento dos problemas de qualidade da água. A subida do nível médio do mar pode também afetar os níveis freáticos e a qualidade das águas subterrâneas costeiras e, assim, influenciar a disponibilidade deste recurso. A subida do nível médio do mar e a alteração do regime de agitação marítima pode também aumentar o risco de inundações, em particular em zonas urbanas costeiras.

Além disso, a diminuição do escoamento nos rios ibéricos e a retenção de água na parte espanhola das bacias hidrográficas transfronteiriças é suscetível de acentuar, ainda mais, a diminuição esperada da disponibilidade de água no território Português. O quadro seguinte apresenta uma breve síntese do impacto das alterações climáticas nos recursos hídricos portugueses, mostrando significativas assimetrias regionais dentro do país. Em termos gerais, os impactos das alterações climáticas deverão ser crescentes do Norte de Portugal, com influência atlântica, para o Sul, com características mediterrânicas.

O impacto das alterações climáticas sobre um sistema de recursos hídricos não depende apenas da variação da disponibilidade e da procura de água, mas também das suas características e de como a sua gestão evolui para integrar progressivamente novos condicionamentos, incluindo os decorrentes do novo quadro climático. Nalguns casos, as alterações de origem não climática na envolvente do sistema podem ter um impacto sobre os recursos hídricos superior aos decorrentes da própria alteração climática. Uma estratégia de adaptação deve, por isso, ser desenvolvida no seio do processo mais vasto de planeamento e gestão dos recursos hídricos, podendo inclusive ser catalisadora de reestruturações há muito planeadas.

A Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Mudanças Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos visa reduzir a vulnerabilidade do país aos impactos relacionados com a água, de uma forma que seja sustentável do ponto de vista técnico, económico, ambiental e social. Para garantir este desígnio, as alterações climáticas devem ser consideradas em todas as fases dos processos de planeamento e de gestão e devem ser integradas, tanto quanto possível, nas políticas

Esta opção por um ajustamento gradual das políticas de gestão da água não pode, no entanto, adiar a reflexão aprofundada sobre opções de princípio que determinam as políticas de proteção e utilização dos recursos hídricos. Este é um ponto importante porque a abordagem adaptativa e progressiva tem inerente o enorme risco de um adiamento de medidas mais drásticas que visem responder aos problemas de longo prazo. Essa reflexão estratégica pode conduzir à conclusão da necessidade de adotar soluções, como a restrição de atividades económicas consumidoras de elevados volumes de água, a aceitação de garantias de abastecimento mais baixas ou a construção de barragens e de sistemas de captação e adução de água com custos económicos e ambientais significativos.

É claro que essas opções de maior impacto, de maior investimento ou de retorno mais incerto devem ser adiadas para um momento em que o conhecimento sobre os impactos das alterações climáticas em cada região e na atividade socioeconómica seja mais pormenorizado e em que as alternativas de adaptação estejam melhor caracterizadas. É, por isso, necessário continuar a investir na caracterização do território, e em especial do domínio hídrico, na monitorização e investigação dos processos climáticos e hidrológicos e na quantificação, com menores níveis de incerteza, dos impactos das alterações climáticas.

Objetivo e princípios da Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos



A *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* analisa os impactos das alterações climáticas sobre os diferentes setores económicos onde a água é um fator essencial. Para cada setor, são propostas medidas que influenciam os fatores que condicionam a vulnerabilidade dos sistemas à alteração climática, a saber:

i) a sua exposição às condições climáticas; ii) a sua robustez, ou seja, sua capacidade de atuar sob novas condições climáticas; e iii) a sua resiliência, isto é, a sua capacidade de recuperar a partir de condições adversas.

As ações do lado da procura que visam limitar e, se possível, reduzir as pressões sobre os recursos hídricos constituem medidas que reduzem a exposição do sistema ao clima. Reduzindo as pressões sobre as massas de água, tais como captações ou descargas de poluentes, cria-se um “buffer” que pode ser utilizado para manter o cumprimento futuro de metas operacionais num quadro climático mais exigente. A remoção ou a deslocalização de pessoas e de infraestruturas de áreas propensas a inundações é outro exemplo de uma ação que reduz a exposição a fatores climáticos, apesar do custo elevado desta opção poder limitar a respetiva implementação.

As ações para aumentar a robustez e a resiliência dos sistemas de recursos hídricos incluem aquelas que visam melhorar a capacidade dos sistemas de lidarem com novos cenários climáticos. São exemplo deste tipo de ações o aperfeiçoamento dos sistemas de monitorização e de previsão, a melhoria dos processos de gestão da água para aumentar a eficiência do uso da água, a diversificação das fontes de abastecimento de água, o aumento da capacidade de armazenamento de água ou a construção de infraestruturas de proteção contra cheias.

Esta estratégia setorial assume uma perspetiva ampla e de longo prazo e propõe um programa de ações flexíveis, que não restringe as opções futuras e é capaz de lidar com a incerteza associada a cenários climáticos atuais. Está organizado em torno de quatro objetivos estratégicos que podem ser alcançados através de objetivos mais específicos, conforme se apresenta no quadro seguinte. Estes objetivos são partilhados pelos sete setores económicos ou de uso de água em torno dos quais esta estratégia está organizada.

Objetivos estratégicos e específicos da adaptação aos impactos das alterações climáticas relacionados com os recursos hídricos

Objetivo estratégico	Objetivo específico
Redução das pressões sobre o meio hídrico	Gestão da procura de água (redução da dependência da disponibilidade de água)
	Proteção das massas de água e dos ecossistemas dependentes
Reforço da segurança da disponibilidade de água	Aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos
	Reforço das infraestruturas de captação, regularização e adução
Gestão do risco	Avaliação do risco de diferentes naturezas
	Promoção de programas de medidas de proteção
	Implementação de sistemas de monitorização, deteção e alerta precoce
	Sensibilização pública e reforço de uma atitude individual pró-ativa de gestão do risco
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	Reforço dos sistemas de monitorização e análise
	Avaliação dos riscos resultantes dos impactos das alterações climáticas
	Análise da viabilidade de possíveis medidas de adaptação

	Revisão das metodologias de análise e de dimensionamento de sistemas e infraestruturas
	Sensibilização pública e capacitação técnica

Os objetivos estratégicos e respetivos objetivos específicos são alcançados através de diferentes programas de medidas propostos para cada um dos sete setores económicos ou de uso de água. O planeamento e gestão dos recursos hídricos é considerado um setor transversal, que visa alcançar o bom estado qualitativo e quantitativo em todos os corpos de água. O setor do turismo é considerado separadamente do setor de serviços de água (ou seja, do abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais) devido à sua importância em Portugal.

Programa de medidas de adaptação às alterações climáticas por setor utilizador

Setor	Programa
Planeamento e gestão dos recursos hídricos	Proteção das massas de água
	Aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos
	Reforço e diversificação das origens de água
	Aumento da capacidade de armazenamento e de regularização do escoamento
	Controlo do risco de cheias
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento
Ecossistemas aquáticos e biodiversidade	Proteção e melhoria da qualidade físico-química e biológica e da biodiversidade dos ecossistemas
	Proteção e melhoria da integridade hidrológica e hidromorfológica
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento
Serviços da água	Promoção do uso eficiente da água
	Reforço e diversificação das origens da água
	Controlo da qualidade para abastecimento à população
	Manutenção das condições de operação dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais
	Controlo do risco de cheias
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento
Agricultura e florestas	Promoção do uso eficiente da água de culturas temporárias
	Reforço e diversificação das origens da água
	Promoção do uso eficiente da água em áreas florestais
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento
Produção de eletricidade	Aumento da robustez do setor produtor
	Gestão do risco de operação
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento
Turismo	Promoção do uso eficiente da água
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento
Zonas costeiras	Gestão do risco
	Reforço da eficácia e da articulação dos instrumentos de gestão do risco e de ordenamento do território
	Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Cada programa de ação inclui várias medidas planeadas para serem executadas por entidades já identificadas num determinado período de tempo de implementação específico. Embora as medidas sejam específicas para cada setor, alguns dos programas propostos são transversais a vários setores, como são exemplo o *Controlo do risco de cheias* e o *Aprofundamento e divulgação do conhecimento*.

Para promover a integração da adaptação às alterações climáticas no atual quadro de planeamento dos recursos hídricos, a estratégia adota iniciativas em curso, tais como os Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas, o Plano Nacional da Água, o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais, a Estratégia Nacional para os Efluentes da Agricultura e da Indústria Pecuária e o Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico.

Os Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas são os principais instrumentos de planeamento para a gestão da água em Portugal, definindo, para cada massa de água, o estado de qualidade a ser alcançado no curto e médio prazo, bem como o programa de medidas para atingir esses objetivos. O Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água define metas claras de redução de perda de água para todos os setores e especifica um conjunto de medidas para atingir esses objetivos dentro de prazos concretos. Todos os operadores de água que se candidatem a financiamento público têm que mostrar como vão cumprir essas diretrizes e metas. O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais e a Estratégia Nacional para os Efluentes da Agricultura Pecuária e Indústria são planos especiais que visam a melhoria dos sistemas de drenagem e tratamento e que proporcionarão a redução das pressões sobre a qualidade dos recursos hídricos portugueses. O Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico visa aumentar significativamente a componente de produção de energia a partir de fontes renováveis. Essas barragens contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, mas podem também aliviar o crescente *stress* hídrico e permitir melhorar a fiabilidade do abastecimento de água a várias comunidades locais.

Outro aspeto muito importante é a coordenação transfronteiriça dos esforços de adaptação em Portugal e Espanha, uma vez que as pressões climáticas na parte espanhola das bacias hidrográficas partilhadas, assim como as respostas encontradas, são suscetíveis de serem transmitidas para Portugal. O desenvolvimento de uma estratégia coordenada de adaptação às alterações climáticas nas bacias hidrográficas dos rios Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana é, portanto, um objetivo importante. Estudos conjuntos de avaliação dos impactos das alterações Climáticas relacionados com os Recursos hídricos partilhados podem constituir um primeiro passo importante, para promover a cooperação científica e tecnológica entre os dois países da Península Ibérica.

Finalmente, é importante realçar que a adaptação às alterações climáticas é um processo condicionado por aspetos específicos de cada local e sistema e que as soluções generalistas correm o risco de serem desadequadas, se aplicadas indiscriminadamente. O desafio dos responsáveis pelos vários setores e sistemas é converter o conceito de adaptação num conjunto de soluções práticas que sejam aceites por todas as partes interessadas. Espera-se que a informação contida neste documento possa contribuir para esse objetivo.

Executive summary

The response to climate change requires action along two main approaches. Mitigation aims at reducing the greenhouse gas emissions that are causing global warming, while adaptation attempts to decrease the economical, environmental and social impacts of climate change. The water sector can and must contribute to both mitigation and adaptation, but assumes a pivotal role in the adaptation domain as it serves as the main transmission vehicle of climate change to other sectors, like water services, agriculture, forests, energy and industrial production, ecosystems and biodiversity and coastal zones.

Building on its on-going efforts to reduce its GHG emissions, the Portuguese government has adopted the *National Strategy for Adaptation to Climate Change (ENAAC)*². ENAAC identifies nine priority sectors, amongst which are the sectors “water resources” and “coastal areas”, a sign of the importance that Portugal assigns to adaptation in water related sectors. The *Sectoral Strategy on the Adaptation to the Impacts of Climate Change on Water Resources* was commissioned by INAG, the former Portuguese National Water Authority recently merged into the Portuguese Environment Agency, and it is the first comprehensive contribution of this sector to the ongoing efforts of ENAAC to build a more resilient society towards climate change in Portugal.

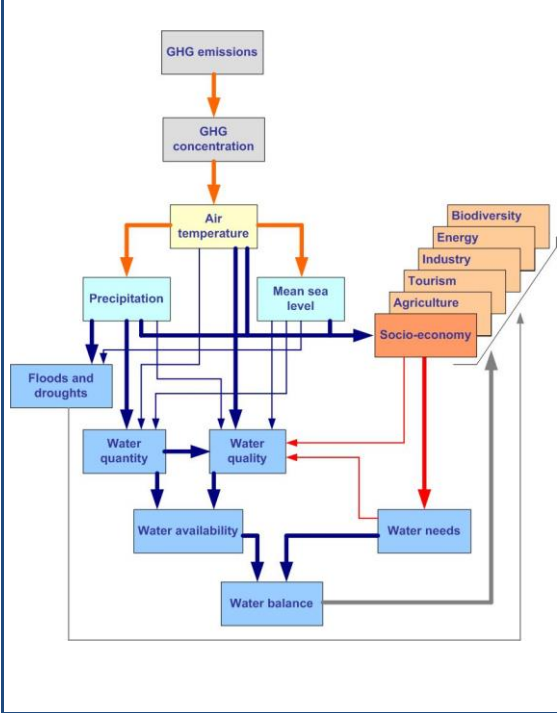
Water is used for human and industrial consumption, for irrigation in agriculture, for power production, for navigation and recreation and for the maintenance of healthy ecosystems, in particular aquatic ecosystems. It is also used as a receiving medium for wastewater discharges. Water availability and its quality, as well as the risk of extreme events like floods and droughts, condition the location of cities, forest and agriculture areas, industry and power generation plants and trading centres. Climate change has direct impacts on the availability, timing, quality and variability of water supply, and these impacts have profound implications on almost all sectors of our society. Adding to these direct impacts, indirect impacts of climate change derived from changes in economic and social activities must also be considered, for they may lead to new and additional pressures of the water systems, namely an increase in water demand, an increment in pollutant load or a significant change in the way we use our land and locate our activities. These indirect impacts also affect our capacity to satisfy water needs, to protect humans and its activities and to promote the quality of the water bodies and the health of the aquatic ecosystems.

² Resolution of the Council of Ministers Nr. 24/2010

The impact of climate change on water resources not only depends on changes in water availability and demand, but also on the system’s characteristics and how its management evolves, and on which adaptation measures are implemented. In some cases, non-climatic changes may have a greater impact on water resources than climate change itself.

The southern countries of Europe, namely those around the Mediterranean basin, like Portugal, Spain, Italy and Greece, are amongst the most affected countries by climate change. Portugal will likely experience a general decrease of overall water availability, an increase of seasonal and spatial asymmetries in precipitation distribution, an increase of flood and drought risk and an increase of water quality problems. The impacts of climate change on sea level may also affect the groundwater levels and the groundwater quality, thus influencing the water resources availability, as well as increasing the risk of urban flooding in coastal areas. Furthermore, the decreased runoff in Iberian rivers and the retention of water in the Spanish part of the transboundary river basins is likely to accentuate even further the expected decrease of water availability in the Portuguese territory. The table below provides a brief survey of the impact of climate change on the Portuguese water resources, showing significant regional asymmetries within the country. In general terms, the impacts of climate change are expected to increase from the Northern region of Portugal, with Atlantic influence, towards the South, with Mediterranean characteristics.

Climate change impacts on the Portuguese water resources

	Issue	Impact scenario
	Water availability	Decrease of annual runoff and aquifer recharge, mainly in the South. Increase of flow variability and of the regional asymmetry of water availability. Increase of drought risk.
	Water demand	Possible increase of water demand for agriculture. Increase of water demand for energy production to reduce dependence on fossil fuels.
	Water quality	Decrease of water quality due to flow reduction, temperature increase and possible soil erosion increase. Salinization of coastal aquifers due to mean sea level rise and recharge decrease. Degradation of ecosystems’ health.
	Flood Risk	Increase of flood risk, mainly in the North and in coastal areas

The *Sectoral Strategy on the Adaptation to the Impacts of Climate Change on Water Resources* aims at reducing the country's vulnerability to the impacts related to water in a way that is sustainable from the technical, economical, environmental and social perspectives.

To ensure this overarching goal, climate change should be considered at all stages of the planning and management efforts and should be integrated as much as possible in national, regional and organizational water policies. If a broad and long-term perspective is assumed, the climate change impacts have to be considered as pressures on future water resources or as water related risks, therefore requiring the design and implementation of adequate responses. Adaptation measures will then result naturally from the planning exercise and will be coherently incorporated in the overall program of measures aiming to protect and improve the water resources status and reduce water related risks.

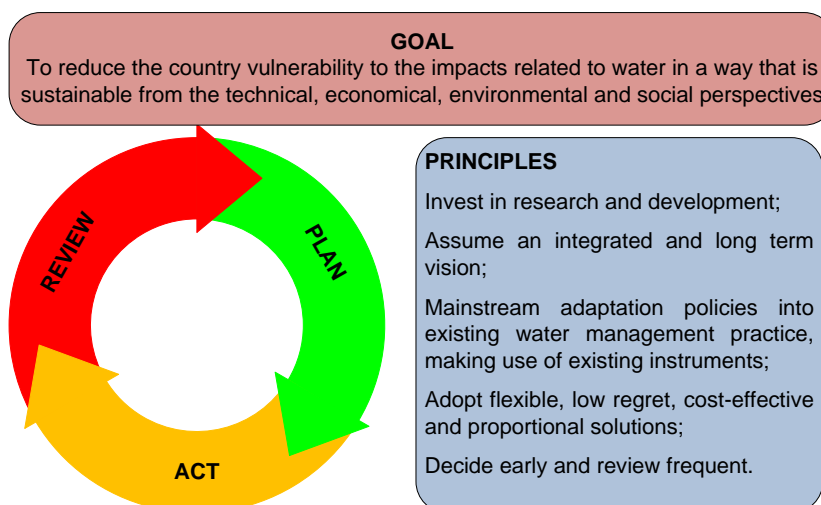
To design the program of measures, water planners need to accept a significant level of uncertainty and be able to take decisions under those conditions. To cope with the current uncertainty associated with current climate scenarios, a precautionary approach based on flexible actions that do not restrict future options is preferable. Water planning and management, and particularly climate change adaptation, is an on-going process, where any proposed and implemented action should be periodically reviewed.

This special report analysed impacts on different economic or water use sectors. For each economic or water sector and system, the proposed adaptation measures address the factors that determine their vulnerability to climate change, namely: i) its exposure to climate conditions; ii) its robustness, i.e., its capacity to perform under new climate conditions; and iii) its resilience, i.e. its capacity to recover from adverse conditions.

Demand-side actions to limit the growth and, if possible, reduce the pressures on water resources aim at reducing the exposure to climate. The reduction of the pressures on water resources, such as water abstractions or pollutant discharges, creates a buffer that may be used to maintain operational goals in the future under more climate stressed conditions. The removal and/or relocation of people and infrastructures from flood prone areas is another example of an action aiming at reducing the exposure to climate factors, although its cost will tend to make this an action for extreme cases only. Actions to increase the robustness and the resilience of water resources systems include those that aim at improving the capacity to deal with new climate scenarios, such as the upgrading of monitoring and forecast systems, the improvement of water management processes to increase water efficiency use, the diversification of water supply sources, the increase of water storage capacity or the construction of floods defenses.

Goal and principles of the Sectoral Strategy on the Adaptation to the Impacts of Climate Change on Water

Resources



This sectoral strategy assumes a broad and long-term perspective and proposes a flexible action program that does not restrict future options and is able to cope with the uncertainty associated with current climate scenarios. It is organized around four strategic objectives which can be achieved through more specific goals.

Strategic Objectives and Goals on Adaptation to Climate Change in the Water Resources Sector

Strategic objective	Specific goal
Reduce pressures on water resources	Manage water demand to reduce dependency on water
	Protect water bodies and their dependent ecosystems
Safeguard water supply reliability	Improve water resources planning and management procedures
	Reinforce, upgrade or adapt water management infrastructures
Manage risk	Evaluate climate change induced risk
	Upgrade monitoring, forecast and alert systems
	Raise public awareness on climate change induced risks
	Upgrade of infra-structures for flood protection
Promote research and knowledge	Strengthen climate monitoring and analysis programs
	Review methodologies and criteria for the design and performance evaluation of water systems and infrastructures
	Promote public awareness and technical training

For operational purposes, this sectoral strategy organizes the proposed actions around programs for seven economic or water use sectors. The water resources planning and management sector is considered a transversal sector that regulates all water uses to achieve and maintain a good qualitative and quantitative status in all water bodies. The tourism sector is considered separately from the water services sector (i.e. water supply and waste water drainage and treatment services) due to its importance in Portugal.

Each strategic objective and specific goal is achieved by different programs of measures for each sector. Some programs, like the ones proposed for risk management and research and knowledge gathering, cross all water users sectors.

Programs of Adaptation Measures by Water Use Sector

Sector	Program
Water resources planning and management	Water bodies protection
	Improvement of water resources planning and management processes
	Increase of water storage and flow regulation capacity
	Diversification and reinforcement of water supply sources
	Flood risk management
	Research and knowledge enhancement
Aquatic ecosystems and biodiversity	Preservation and enhancement of physical, chemical and biological conditions and of biodiversity of ecosystems
	Preservation and enhancement of hydrological and hydro morphological conditions
	Research and knowledge enhancement
Water services	Promotion of water use efficiency
	Diversification and reinforcement of water supply sources
	Improvement of quality control and water treatment capacity for human consumption supply
	Review and upgrade of the operational procedures in wastewater drainage and treatment systems
	Flood risk management
	Research and knowledge enhancement
Agriculture and forests	Promotion of water use efficiency in the irrigation of temporary crops
	Diversification and reinforcement of water supply sources
	Promotion of water use efficiency in forest areas
	Research and knowledge enhancement
Electricity production	Enhancement of the robustness of the electricity production system
	Risk management
	Research and knowledge enhancement
Tourism	Promotion of water use efficiency
	Research and knowledge enhancement
Coastal zones	Risk management
	Coordination of risk management and land management instruments
	Research and knowledge enhancement

Each program includes several specific measures planned for an explicit implementation timeframe. To foster the integration of climate change adaptation in the current water resources planning and management, the strategy adopts many ongoing initiatives such as the River Basin Management Plans, the National Water Plan, the National Plan for an Efficient Use of Water, the Strategic Plan for Water Supply and Wastewater Treatment, the National Strategy for the Effluents of Agriculture and Livestock Industry and the National Program on Dams with High Hydroelectric Potential.

The River Basin Management Plans are the main planning instruments for water management in Portugal, defining for each water body the quality status to be achieved in the short and medium term, as well as the program of measures to achieve those objectives. The National Plan for an Efficient Use of Water defines clear goals for water loss reductions for all sectors and specifies a set of measures to achieve these objectives by well defined deadlines. All water operators applying for public funding have to show how they will comply with those guidelines and goals. The Strategic Plan for Urban Water Supply and Wastewater Treatment and the National Strategy for the Effluents of Agriculture and Livestock Industry are special plans for the improvement of effluent drainage and treatment systems. Some of the pressures on the quality of the Portuguese water resources will be reduced with the implementation of these plans. The National Program on Dams with High Hydroelectric Potential aims to significantly increase the share of energy production from renewable sources. Those carefully selected reservoirs will bring up an important contribution (on a national level) to climate change mitigation. It will also alleviate the increasing water stress and allow better and more reliable service to the local communities.

Another aspect that is very important is the cross-boundary coordination of adaptation efforts in Portugal and Spain, as climate induced pressures in the Spanish part of shared river basins are likely to be transmitted to Portugal. The development of a coordinated strategy of adaptation to climate change in the River Basins of Minho, Lima, Douro, Tagus and Guadiana is therefore a major goal. Joint studies of climate change impacts on shared water resources can be a first, but nevertheless important step to promote scientific and technological cooperation between the two countries of the Iberian Peninsula.

Finally, it is important to note that adaptation is a local process, conditioned by site-specific requirements. One size fits all solutions, if applied indiscriminately, will probably lead to bad results. The challenge is to transform the concept of adaptation into a set of practical solutions with a high degree of acceptability by all stakeholders. Hopefully, this document provides sufficient information to help achieve this goal.

1 Enquadramento e objetivos

Nas últimas duas décadas, a comunidade científica, as instituições internacionais, os governos e a sociedade civil têm vindo a reconhecer, com crescente preocupação, a importância do aquecimento global e das alterações climáticas. Tem igualmente sido reconhecido o papel particularmente relevante da água como mediador dos impactos das alterações climáticas nos sistemas sociais, económicos e ambientais. Com efeito, a água tem um papel central nos desafios do desenvolvimento global, quer se trate de segurança alimentar, redução da pobreza, crescimento económico, produção de energia ou saúde humana.

As consequências económicas das alterações climáticas não só se afiguram muito graves, mas também impõem uma ação urgente, pois a opção de adiar a consideração desta questão é economicamente insensata, como demonstrou Stern (2007). Os custos do controlo dos impactos das alterações climáticas são francamente inferiores aos custos associados aos vários cenários de impactos antecipados pela comunidade científica. Acresce que existem vários cenários com impactos irreversíveis aos quais estão associados custos impossíveis de calcular.

As estratégias inicialmente propostas para controlar os impactos das alterações climáticas privilegiaram a mitigação que procura atacar a raiz do problema e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa à escala do planeta. Devido à inércia do sistema climático, a redução da emissão dos gases com efeito de estufa apenas produzirá benefícios a longo prazo, não sendo suficiente para impedir, a curto e médio prazos, alguns dos efeitos das alterações climáticas. Adicionalmente, os principais países emissores não têm conseguido obter o consenso político necessário à aplicação de uma estratégia de mitigação concertada que possa vir a conduzir a uma redução significativa das emissões e ao controlo da subida da temperatura média do planeta.

Face ao reconhecido insucesso da implementação das estratégias de mitigação e aos tempos expectavelmente dilatados de materialização dos efeitos dessas estratégias, o papel das estratégias de adaptação às alterações climáticas tem vindo a ser crescentemente reconhecido. Estas estratégias visam preparar a sociedade para os impactos inevitáveis das alterações climáticas, recorrendo a medidas que procuram reduzir a vulnerabilidade dos sistemas sociais, económicos e ambientais e aumentar a resiliência destes sistemas relativamente aos impactos que forem inevitáveis.

A importância da adaptação é reconhecida desde o primeiro relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (*IPPC*) de 1990, e é assumida claramente na Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas de 1992 (*UNFCCC*). Em 2006, a UNFCCC reforçou a atenção nesta componente da resposta às alterações climáticas e aprovou o *Nairobi Work*

Programme, um programa para cinco anos sobre impactos, vulnerabilidade e adaptação às alterações climáticas. A Conferência das Partes de Bali, em 2007, reafirmou a importância deste programa e reforçou os respetivos meios. As subsequentes Conferências das Partes da UNFCCC têm vindo a realçar o papel da adaptação e a reforçar os meios disponibilizados para a sua concretização.

A União Europeia tem também vindo a dar particular atenção à vertente de adaptação, tendo organizado diversas iniciativas no domínio da gestão da água, das quais se destacam a conferência *Climate Change Impacts on the Water Cycle, Resources and Quality* (Bruxelas, setembro de 2006) e a conferência *Time to Adapt: Climate Change and the European Water Dimension* (Berlim, fevereiro de 2007). Mais tarde, a Comissão Europeia lançou um Livro Verde sobre Adaptação (COM, 2007) e abriu um processo de discussão pública que conduziu à publicação de um Livro Branco sobre o tema que enfatiza a necessidade de aprofundar o conhecimento neste domínio e de integrar as estratégias de adaptação nas políticas da União Europeia (COM, 2009). Com o objetivo de apoiar os seus Estados-Membros no processo de adaptação, a União Europeia lançou recentemente uma plataforma de partilha de informação que disponibiliza estudos e dados sobre impactos esperados, vulnerabilidades setoriais e regionais e estratégias já adotadas (<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>). Em 2013, foi lançada uma estratégia europeia de adaptação às alterações climáticas já com propostas formais e concretas (COM, 2013).

Na sequência dos primeiros estudos sobre os impactos das alterações climáticas, existem vários países, incluindo Portugal, a desenvolver trabalhos no sentido de definir estratégias de adaptação, em paralelo com o aprofundamento dos estudos de base sobre a previsão da magnitude dos impactos. Existem também exemplos de aplicação de estratégias de adaptação a nível regional e municipal.

O estado de maturidade das estratégias de adaptação propostas é bastante variável e constata-se que, mesmo as estratégias mais desenvolvidas, apostam fortemente no aprofundamento do conhecimento sobre as alterações climáticas, na comunicação e divulgação e no estabelecimento de regiões e projetos-piloto para partilha de visões e de experiências. O estado atual do conhecimento e a dimensão dos investimentos a realizar condicionam significativamente uma eventual atitude pró-ativa, pelo que o número de ações ou medidas concretas de adaptação é reduzido (Feix *et al*, 2009; Reid e Stuke, 2011; Bardt e Biebeler, 2012).

O Governo Português aprovou em 2010 a *Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas* (ENAAAC)³, que identifica nove setores prioritários: ordenamento do território e cidades; recursos hídricos; segurança de pessoas e bens; saúde; energia e indústria; biodiversidade; agricultura, florestas e pescas; turismo; e zonas costeiras. Constitui um sinal da importância que Portugal atribui à adaptação em setores relacionados com a água, a inclusão dos "recursos hídricos" e das "zonas costeiras" entre estes nove setores prioritários.

A *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* (ESAAC-RH) constitui a primeira contribuição abrangente do setor da água para os esforços em curso no quadro da ENAAAC para desenvolver uma sociedade mais resiliente às alterações climáticas. O seu objetivo principal é reduzir a vulnerabilidade do país aos impactos relacionados com a água de uma forma que seja sustentável do ponto de vista técnico, económico, ambiental e social.

Para garantir este desígnio a estratégia identifica os principais impactos das alterações climáticas no setor da água e propõe medidas para as seguintes áreas: planeamento e gestão de recursos hídricos, ecossistemas aquáticos e biodiversidade, serviços da água, agricultura e florestas, produção de energia elétrica, turismo e zonas costeiras.

As ações de adaptação propostas correspondem, na sua totalidade, a iniciativas com um risco reduzido de constituírem investimentos não produtivos, tendo-se procurado identificar medidas flexíveis, que não restringem opções futuras e são resilientes à ação do clima, isto é, medidas que produzem benefícios positivos mesmo num cenário de alteração climática reduzida ou nula (medidas *win-win* ou de *low-regret*). Privilegiam-se as medidas que respondem aos efeitos das alterações que se preveem com um menor grau de incerteza, como, por exemplo, a subida do nível médio do mar, e aquelas que visam a melhoria do conhecimento em áreas chave, onde as lacunas existentes condicionam uma resposta mais efetiva à dinâmica da alteração climática.

As medidas propostas devem ser concretizadas e integradas de forma coerente nas políticas da água aos níveis nacional, regional, local e organizacional e visar a satisfação das necessidades de água, a proteção e melhoria do estado dos recursos e a redução dos riscos relacionados com a água. Sempre que possível, procurou-se utilizar iniciativas em curso ou instrumentos existentes para potenciar a integração da estratégia setorial de adaptação à política geral de planeamento e gestão dos recursos hídricos, evitar a dispersão de investimento em sistemas de monitorização, planeamento e gestão dos recursos hídricos e para reforçar a capacidade das instituições existentes. Os desafios das

³ Resolução do Conselho de Ministros N.º 24/2010

alterações climáticas são resolvidos de forma mais eficaz e eficiente através de instituições fortes, que aliam a experiência acumulada na gestão dos recursos hídricos a uma visão de longo prazo e os instrumentos de ação adequados.

É também importante reconhecer que a adaptação é um processo condicionado por aspetos específicos de cada local e sistema que, devendo ser enquadrado e promovido ao nível nacional, tem de ser planeado e executado pelas organizações que, no terreno, asseguram o planeamento, a gestão e a proteção dos recursos hídricos, controlam os riscos associados à água ou que utilizam a água como fator de produção. As soluções generalistas correm o risco de ser desadequadas se aplicadas indiscriminadamente.

O desafio dos responsáveis pelos vários setores e sistemas é converter o conceito de adaptação num conjunto de soluções práticas que sejam aceites por todas as partes interessadas. Nesse sentido, é também objetivo da *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* desencadear um processo de reflexão interno em todas as organizações do setor público, privado e associativo sobre os impactos das alterações climáticas na sua atividade e sobre as respostas mais adequadas para acomodar esses impactos. As ideias e a análise apresentadas neste documento podem contribuir para esse processo de reflexão e fornecer os meios de diagnóstico e de desenvolvimento de soluções de adaptação eficientes.

Esta *Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos* constitui um primeiro exercício de planeamento das medidas de adaptação que está condicionado pelo conhecimento e a experiência existente sobre a matéria, que têm vindo a crescer de forma contínua e permanente. A revisão da ESAAC-RH num prazo relativamente curto é, por isso, recomendável, eventualmente enquadrada numa revisão do Plano Nacional da Água, o instrumento de natureza estratégica que estabelece as grandes opções da política nacional sobre este setor e os princípios e as regras de orientação dessa política.

2 Alterações climáticas e recursos hídricos

2.1 Introdução

Num futuro próximo, prevê-se que as alterações climáticas venham a ter impactos assinaláveis sobre as atividades humanas, com importantes implicações de natureza social, económica e ambiental. A água desempenha, claramente, um papel ímpar como mediador na transmissão destes impactos das alterações climáticas. Com efeito, as alterações climáticas condicionam as diversas componentes do ciclo hidrológico e de outros ciclos biogeoquímicos que com ele interagem. O papel destacado da água resulta, além disso, da relevância que esta tem como elemento estruturante em diversos domínios, tais como a agricultura, as florestas, a biodiversidade, a indústria, a energia, as pescas, a saúde e o turismo.

Os impactos das alterações climáticas sobre a água fazem-se sentir tanto do lado da oferta de água, como do lado da sua procura. 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 superficiais e subterrâneas. A estes impactos sobre a quantidade da água acrescem os impactos sobre a sua qualidade, relacionados com a elevação da temperatura do ar, intensificação dos fenómenos extremos ou subida do nível médio do mar com a consequente salinização de aquíferos costeiros. Do lado da procura de água, ocorrem alterações dos volumes de água consumidos pelas diversas atividades utilizadoras e modificações da distribuição temporal destes consumos.

O impacto das alterações climáticas sobre os fenómenos extremos, (cheias e as secas) parece, igualmente, estar a aumentar em resultado da alteração do regime de precipitação no sentido de uma maior variabilidade da precipitação anual e diária e de uma maior incidência dos períodos húmidos em épocas de menor duração. Pode parecer paradoxal mas períodos de precipitação intensa, separados por longos períodos de seca, suscitam um aumento simultâneo do risco de cheias e de secas. A subida do nível médio do mar contribui também para o aumento do risco de inundações costeiras e dos troços fluviais junto à costa.

2.2 Cenários e modelos

No 4.º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2007), caracterizam-se de forma clara os impactos futuros das alterações climáticas sobre a água, referindo-se nomeadamente que: “*i*) o escoamento médio anual, em meados do presente século, sofrerá um acréscimo de 10 a 40% em certas regiões de elevadas latitudes e em certas regiões tropicais

húmidas, e um decréscimo de 10 a 30% nalgumas regiões de latitudes médias e em regiões tropicais secas, algumas das quais estão já atualmente sujeitas a um elevado *stress* hídrico; *ii*) a extensão das áreas afetadas por secas tenderá a aumentar e as precipitações intensas tenderão a ser mais frequentes, com os correspondentes riscos de cheia; *iii*) as quantidades de água armazenadas nos glaciares e em zonas cobertas de neve tenderão a diminuir no decurso deste século, prevendo-se que as disponibilidades de água provenientes da fusão de gelo e neve sejam consideravelmente reduzidas em regiões onde vive mais de um sexto da população mundial”.

O IPCC fez também uma análise regional destes fenómenos, salientando que na Europa os impactos negativos incluirão “riscos acrescidos de cheias repentinas, crescente erosão e inundações costeiras, recuo de glaciares e redução das zonas cobertas de neve”. No caso da Europa meridional, que nos interessa mais diretamente, destaca-se “o agravamento das secas, a redução de disponibilidades de água, do potencial hidroelétrico, da produtividade agrícola e do turismo de verão” (IPCC, 2007).

Na avaliação dos impactos das alterações climáticas no futuro, são utilizados modelos de circulação global (GCMs, de acordo com a terminologia anglo-saxónica) que simulam a dinâmica da atmosfera, dos oceanos e dos continentes, e as suas interrelações. O 4.º Relatório de Avaliação do IPCC considera os resultados de 23 modelos que fornecem valores horários de temperatura e precipitação numa malha de cálculo de 125 a 400 km e, em certos casos, com a possibilidade de uma redução de escala para malhas de 25 a 40 km.

Os impactos das alterações climáticas são determinados pelas futuras concentrações dos gases com efeito de estufa, as quais são influenciadas por um conjunto de fatores económicos, sociais, ambientais e tecnológicos. Estes fatores condicionantes interagem entre si e a sua ação conjunta é normalmente caracterizada com o recurso a cenários.

Os cenários correspondem a conjuntos de narrativas de evolução da sociedade (ou futuros), igualmente plausíveis. Diferem, por isso, das “previsões” que são interpretações individuais sobre o futuro mais provável. Devido à complexidade do mundo real, as previsões revelam-se frequentemente erradas, especialmente quando se referem a horizontes de duas ou três décadas.

O IPCC, num relatório especial denominado SRES (*Special Report on Emissions Scenarios*, IPCC, 2000) caracterizou as seguintes quatro famílias de cenários, para definir de forma consistente as relações entre os fatores determinantes da evolução das emissões e proporcionar um contexto de análise:

- *Família A1*: corresponde a um mundo com um desenvolvimento económico muito rápido, uma população global que atinge um pico por volta de 2050, uma rápida introdução de novas e eficientes tecnologias e uma substancial redução das diferenças de rendimento *per capita*;

- *Família A2*: é caracterizada por um crescimento populacional contínuo, uma preservação das identidades locais e um lento desenvolvimento económico e tecnológico;
- *Família B1*: tem uma projeção demográfica idêntica à da família A1, mas com rápidas mudanças das estruturas económicas em direção a uma economia de serviços e de informação, e à introdução de tecnologias limpas e com uma eficiente utilização de recursos;
- *Família B4*: é caracterizada por um crescimento contínuo da população, mas com taxas de crescimento inferiores às da família A2, desenvolvimento económico intermédio e desenvolvimento tecnológico menor e mais diversificado do que nos casos das famílias A1 e B1.

A cada família corresponde um certo número de cenários, num total de 40 para o conjunto das quatro famílias. Na família A1, por exemplo, consideram-se três subgrupos de cenários, que se distinguem de acordo com as fontes de energia prevalentes: A1F1 (utilização intensiva de energia fóssil); A1T (energia de fontes não fósseis) e A1B (energia correspondente a uma combinação de fontes fósseis e não fósseis).

Assumindo um determinado cenário de desenvolvimento socioeconómico e o conseqüente cenário de emissão de GEE, é possível recorrer a modelos climáticos para estimar a evolução do clima, tanto no que se refere a valores médios como à sua distribuição espacial e temporal. É assim possível avaliar as conseqüências climáticas das escolhas feitas em todo o planeta, individual ou coletivamente, e que resultam num determinado desenvolvimento socioeconómico e na conseqüente evolução da emissão de GEE para a atmosfera.

Mas diferentes modelos produzem cenários climáticos distintos, mesmo quando assumem o mesmo cenário de emissões de GEE. Esta disparidade resulta da adoção de diferentes premissas e simplificações necessárias para poder simular o funcionamento complexo do sistema climático do planeta durante um período de tempo de um ou dois séculos.

Não sendo possível avaliar com rigor a capacidade de simulação de cada modelo climático, opta-se frequentemente por analisar de forma integrada o conjunto dos resultados dos vários modelos de modo a identificar as principais tendências climáticas e as incertezas inerentes a este complexo exercício de simulação. Assim, por exemplo, de acordo com IPCC (2007a), a estimativa da subida do valor médio da temperatura da Terra estará compreendida entre 1,1 e 2,8°C para o cenário B1, e entre 2,4 e 6,4°C para o cenário A1F1.

O número de equipas que mantém modelos climáticos operacionais e que tem vindo a produzir com regularidade cenários climáticos à escala global e regional é relativamente reduzido. Os seus

resultados são por regra disponibilizados através de projetos de investigação, sendo de destacar os projetos europeus PRUDENCE (2001-2004), ENSEMBLES (2004-2009) e CORDEX (2008-presente).

O projeto ENSEMBLES foi liderado pelo *Met Office Haddley Centre* do Reino Unido e envolveu mais de 60 parceiros de 20 países, na maioria europeus, e outras 30 organizações que foram consideradas como afiliadas. O projeto tinha como objetivo principal avaliar a incerteza associada às projeções climáticas, tendo para isso recorrido a várias metodologias para produzir um conjunto muito significativo de cenários climáticos para a Europa com diferentes premissas e resoluções espaciais (van der Linden e Mitchel, 2009). Os cenários climáticos para a Península Ibérica compilados por este projeto são descritos num conjunto de relatórios que complementa este documento orientador.

2.3 Impactos sobre as variáveis do ciclo hidrológico

Conforme já foi salientado, a água desempenha um papel central como transmissor ou mediador dos impactos das alterações climáticas que se fazem sentir nos vários setores da atividade económico-social e no ambiente (Figura 1).

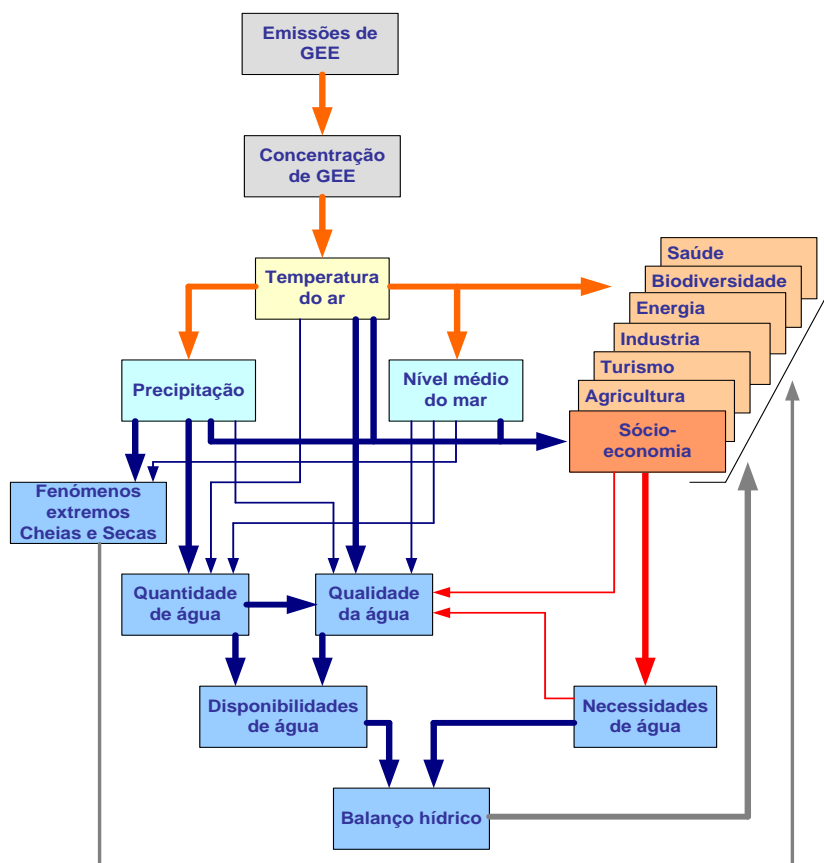


Figura 1 – Impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos

Os impactos das alterações climáticas sobre a temperatura são os mais óbvios e assumem particular importância porque a temperatura é condicionante de outras variáveis hidrológicas. O aumento da

temperatura provoca uma ativação do ciclo hidrológico, com um consequente aumento da precipitação global média, mas também uma modificação da sua distribuição espacial e temporal.

A precipitação é, para além da temperatura, a outra variável hidrológica considerada nos modelos climáticos globais para caracterizar o impacto das alterações climáticas. Em termos gerais, prevê-se um aumento da precipitação nos trópicos e nas regiões com latitudes elevadas e um decréscimo de precipitação nas regiões subtropicais e de latitudes médias (IPCC, 2007). Além disso, o aquecimento global tenderá a modificar os padrões de escoamento, com caudais mais elevados no Inverno, picos de cheias mais precoces e menores caudais no Verão.

Um aumento da temperatura conduz normalmente a um aumento da evapotranspiração potencial. A evapotranspiração real é condicionada pela evapotranspiração potencial e pela quantidade de água disponível no solo e nas plantas. A transpiração das plantas é afetada por um conjunto de variáveis, incluindo o comportamento dos estomas e a concentração de CO₂ na atmosfera.

A temperatura, a precipitação e a evapotranspiração afetam diretamente a humidade do solo, mas a maior influência decorre normalmente da precipitação. As alterações da humidade do solo têm grande influência no crescimento das plantas e nas necessidades de água para rega.

O escoamento é claramente afetado pelas variáveis hidrológicas acima referidas e, em particular, pela precipitação. No que diz respeito às águas superficiais, as alterações climáticas têm efeitos na modificação do escoamento, tanto relativamente ao volume total escoado como à sua distribuição no tempo. Com as alterações climáticas, os escoamentos tenderão a aumentar nas zonas tropicais e nas latitudes elevadas e a diminuir em regiões semiáridas em latitudes médias. Acresce que a relação entre as variações de precipitação e as variações de escoamento não é linear. Assim, normalmente, a redução da precipitação tende a provocar uma redução do escoamento proporcionalmente mais elevada, agravando as situações de *stress* hídrico em muitas regiões semiáridas. Nestas regiões, como as diferenças entre precipitação e evapotranspiração são muito pequenas, pode mesmo acontecer que uma pequena redução de precipitação possa levar os rios a secar completamente. Inversamente, acréscimos de precipitação podem dar lugar a acréscimos de escoamento desproporcionalmente maiores. Assim, as alterações climáticas, que tendem a aumentar a variabilidade da precipitação, poderão estar na origem de uma variabilidade de escoamento comparativamente mais acentuada.

Os maiores impactos nas disponibilidades de água decorrem da variabilidade da precipitação sobre as bacias hidrográficas, como parte da variabilidade do clima. Estes impactos podem ser amplificados, por exemplo, pelo crescimento socioeconómico, pelas políticas de gestão da água e pelas alterações do coberto vegetal ou do ordenamento do território.

Ainda que nalgumas regiões de maior latitude as alterações climáticas possam ser a causa de um aumento do escoamento, numa parte significativa da Terra (abrangendo muitas das regiões mais populosas), prevê-se que as alterações climáticas venham a provocar uma redução de escoamentos (IPCC, 2007).

Além disso, o regime dos caudais condicionados pelo degelo em regiões com ocorrência de neves tem vindo a modificar-se substancialmente. Devido ao aumento das temperaturas, a precipitação de neve tende a diminuir, dando lugar a precipitação de chuva. Acresce que as neves acumuladas tendem a fundir mais cedo, dando lugar à ocorrência de maior escoamento no início da Primavera e a menores caudais no período estival (Barnett *et al.*, 2005).

O aumento da variabilidade da precipitação tem também têm repercussões no regime de recarga dos aquíferos, com consequências negativas para o escoamento, armazenamento e qualidade das águas subterrâneas. Como a relação entre precipitação e recarga não é linear, pequenas variações da precipitação podem provocar modificações apreciáveis da recarga, especialmente se houver também modificações da variabilidade das precipitações. Em zonas húmidas, por exemplo, um acréscimo da variabilidade da precipitação pode ocasionar uma diminuição da taxa de recarga se a precipitação adicional der origem a escoamento superficial (Bates *et al.*, 2008).

Os escoamentos futuros serão também condicionados por outros fatores climáticos e por intervenções humanas, tais como, derivações e regularização dos escoamentos ou interações entre águas superficiais e subterrâneas, o que torna difícil a previsão dos escoamentos futuros.

No que se refere às situações extremas, os estudos realizados evidenciam uma tendência de agravamento dos fenómenos hidrológicos extremos em resultado das alterações climáticas, isto é, tanto as cheias como as secas terão tendência a intensificar-se ou, por outras palavras, os riscos de cheia e de seca terão tendência a aumentar. O número de cheias e os prejuízos económicos que lhes estão associados têm vindo a aumentar rapidamente nas últimas décadas (Bates *et al.*, 2008) e a intensidade e duração das secas tem vindo a crescer em várias regiões do Globo, em particular nas regiões afetadas simultaneamente por redução de precipitação e aumento de temperatura (IPCC, 2007). Mas, deve referir-se que não é apenas a redução e a diferente distribuição da precipitação que influenciam a frequência e intensidade das secas. Estes impactos têm que ser conjugados com outras pressões de natureza não hidro-meteorológica, como as relacionadas com o crescimento demográfico e o ordenamento do território.

2.4 Impactos sobre o nível médio do mar

Outro aspeto do impacto das alterações climáticas relacionado com a água é o decorrente da subida do nível do mar, devido à expansão térmica resultante do aumento da temperatura do ar e das águas

oceânicas e à fusão de gelos dos glaciares de montanha e das regiões polares. A subida do nível do mar irá afetar particularmente as regiões costeiras, onde se concentram, frequentemente, importantes atividades económicas. As consequências principais desta subida são a perda de território, decorrente de erosão ou inundação de zonas costeiras, a submersão ou afetação de infraestruturas e a intrusão salina, afetando a qualidade das águas subterrâneas, a agricultura e os ecossistemas costeiros e estuarinos. Em alguns casos, receia-se mesmo a total submersão de países inteiros constituídos por pequenas ilhas baixas, sendo as Maldivas um caso paradigmático frequentemente referido.

Note-se ainda que uma percentagem significativa da população mundial vive em regiões costeiras, frequentemente concentrada em áreas urbanas, as quais já têm atualmente grandes dimensões e revelam uma tendência acentuada para continuar a expandir-se.

2.5 Impactos sobre a qualidade do meio aquático

As alterações climáticas deverão ter também um impacto negativo sobre a qualidade da água. Em termos gerais, pode dizer-se que o impacto mais negativo é o decorrente da elevação da temperatura da água, a qual pode ter como consequência o acelerar dos processos de eutrofização, o desenvolvimento de fungos e um aumento da atividade bacteriana e patogénica.

Esta degradação da qualidade da água deverá ter impactos negativos sobre as condições de saúde pública, quer agravando as condições relativas ao desenvolvimento de doenças já existentes, quer favorecendo a propagação de novas doenças. As alterações climáticas podem também aumentar o risco de propagação de doenças transmitidas pela água, sobretudo em regiões onde as condições sanitárias são deficientes.

Para além da elevação da temperatura, a modificação do regime de precipitações associado às alterações climáticas pode também ter impactos sobre a qualidade da água. Precipitações mais intensas provocam caudais de cheia mais elevados, os quais, por sua vez, podem ser causa de uma degradação da qualidade da água devido ao transporte pelos cursos de água de maiores quantidades de sedimentos em suspensão, nutrientes e agentes patogénicos. Nas regiões com maior atividade agrícola, o maior escoamento superficial tenderá também a aumentar a concentração de fertilizantes e pesticidas nalguns troços dos cursos de água, caso não sejam tomadas medidas de controlo deste fenómeno.

Precipitações mais intensas podem também aumentar a pressão sobre os sistemas de evacuação de águas residuais, o que pode ocasionar o extravasamento dos sistemas de drenagem e assim favorecer a propagação de doenças, especialmente se a temperatura ambiente for elevada.

A redução da quantidade de água em resultado das alterações climáticas contribuirá ainda para reduzir a capacidade de autodepuração dos cursos de água relativamente às cargas poluentes dos efluentes neles rejeitados. O aumento de temperatura das águas terá também como consequência a redução do teor de oxigénio dissolvido na água, condicionando as reações químico-biológicas que se desenvolvem no meio hídrico.

No que se refere à qualidade das águas subterrâneas, as alterações climáticas poderão provocar um aumento da salinização da água, decorrente de um aumento da evaporação provocado pela subida da temperatura do ar, ou de um aumento da intrusão salina decorrente da subida do nível do mar (IPCC, 2007).

2.6 Impactos sobre os setores utilizadores da água

O estudo dos impactos das alterações climáticas sobre a procura da água tem sido objeto de menor atenção do que o estudo dos impactos sobre as disponibilidades da água. A Figura 1 ilustra as complexas relações entre as alterações climáticas, as variáveis hidrológicas e os diversos utilizadores de água. Os impactos das alterações Climáticas relacionados com os Recursos hídricos sentem-se de forma direta sobre as principais variáveis hidro-meteorológicas ou de forma indireta em resultado de alterações das atividades económicas e sociais, que podem agravar as pressões sobre o meio hídrico.

Um aumento da temperatura do ar deverá ter como consequência um aumento da procura de água, sendo particularmente sensível, a nível global, o caso da agricultura, por os consumos corresponderem a mais de 70% dos consumos totais. O aumento de consumo de água para irrigação e para a indústria pode ter consequências sobre a qualidade da água, por favorecer a sua salinização. A subida da temperatura da água terá também consequências negativas na procura de água utilizada nos sistemas de arrefecimento das centrais térmicas e nucleares.

2.7 Custos associados aos impactos

De acordo com as conclusões do IPCC, os custos ocasionados pelas alterações climáticas serão crescentes à medida que as temperaturas globais forem aumentando (IPCC, 2007). O Relatório Stern sobre a Economia das Alterações Climáticas (Stern, 2007) indica que, até 2050, os fenómenos climáticos extremos implicarão uma redução média do produto global bruto (PGB) de 1% e que, se as alterações climáticas não forem controladas, poderão acarretar custos anuais entre 5 a 20% do PIB consoante os cenários adotados, com incidências particularmente graves nos países menos desenvolvidos e nos cidadãos mais desfavorecidos dos países desenvolvidos. Sendo o PIB mundial da ordem dos 50×10^6 milhões de USD, a estimativa de Stern coloca estes custos entre $2,5 \times 10^6$ e 10×10^6 milhões de USD. Mas, em 2009, Stern assume que o seu relatório de 2007 foi demasiado cauteloso e

que os seus pressupostos conduziram provavelmente a uma subestimação dos custos da inação (Stern, 2009).

No que respeita à Europa, o projeto PESETA selecionou cinco setores (agricultura, cheias fluviais, sistemas costeiros, turismo e saúde) para avaliar os impactos das alterações climáticas na economia da União Europeia (JRC, 2009). De acordo com este estudo, caso não sejam tomadas medidas de adaptação, os custos anuais em 2080 dos impactos das alterações climáticas, em termos de diminuição do produto interno bruto, situam-se entre 20 e 65 mil milhões de euros para os cenários de aumento de temperatura de 2,5 °C e de 5,4 °C, respetivamente. A estes cenários está associada uma subida de 88 cm do nível médio do mar. As áreas que mais têm mais prejuízos são a agricultura, as zonas costeiras e as cheias fluviais.

De acordo com estas estimativas, em 2080, os custos no sul da Europa (Portugal, Espanha, Itália, Grécia e Bulgária) situar-se-ão entre os 5 mil milhões e os 42 mil milhões de euros por ano (Quadro 1). O setor agrícola assumiria mais de 50% destes custos, seguindo-se as zonas costeiras e as cheias fluviais. O setor do turismo tem também custos elevados no caso de um aumento significativo da temperatura e do nível médio do mar. Para um cenário de subida de 1 m do nível médio do mar, Stern (2007) refere custos da ordem dos 0,01% a 0,02% do PIB em perdas de zonas húmidas e na proteção de zonas costeiras na Europa, em particular no caso da Holanda.

O projeto PESETA argumenta que a estimativa de danos em termos de diminuição do produto interno bruto subestima a perda de bem-estar, uma vez que o investimento na reparação de infraestruturas aumenta o PIB, mas não o bem-estar. A perda de bem-estar é estimada entre 0,2% e 1% para os dois cenários climáticos considerados (Quadro 1). Tendo em conta que a média histórica do aumento anual de bem-estar é 2%, estes valores sugerem que este aumento médio na União Europeia passaria a situar-se entre 1,8% e 1%. A perda de bem-estar estimada para o sul da Europa situa-se entre 0,3% e 1,6%.

O projeto PESETA reconhece também que as suas estimativas são inferiores às de outros estudos existentes e refere, a título de exemplo, que Fankhauser e Tol (1996) estimam a perda PIB europeu em 1,4%, para um cenário de concentração dos GEE de 550 ppmv de CO₂eq. O cenário mais gravoso do projeto PESETA implica uma perda de 0,5% do produto interno bruto e de 1% do bem-estar. Nesse cenário, a concentração de GEE atingiria 710 ppmv de CO₂eq e a temperatura média global aumentaria 5,4 °C em relação aos níveis pré-industriais. As estimativas de ambos estes estudos são francamente inferiores aos valores apresentados por Stern para todo o mundo (5% a 20% do PGB).

Quadro 1– Síntese dos resultados do projeto PESETA para o sul da Europa (JRC, 2009)

Cenários climáticos					
Cenário de temperatura (?)	2,5 °C	3,9 °C	4,1 °C	5,4 °C	5,4 °C Aumento elevado do nível médio do mar (NMM)
Aumento da temperatura (°C) ¹	2,6	4,1	4,3	5,6	5,6
Aumento da precipitação (%) ¹	-7	-15	-13	-28	-28
Aumento do nível médio do mar (NMM) (cm)	49	56	51	59	88
Impactos físicos					
Cenário de temperatura (?)	2,5 °C	3,9 °C	4,1 °C	5,4 °C	5,4 °C Aumento elevado do NMM
<u>Agricultura</u> ²					
- Variação da produção (%)	0	-12	-4	-27	-27
<u>Cheias fluviais</u> ³					
- População afetada (milhares pessoas/ano)	46	49	9	-4	-4
- Prejuízos económicos (10 ⁶ €)	2306	2122	291	-95	-95
<u>Zonas costeiras (sem adaptação)</u> ⁴					
- População afetada (milhares pessoas/ano)	258	456	313	474	1091
<u>Turismo</u> ⁵					
- Noites (%)	-1	-1	-2	-4	-4
- Receitas turísticas (10 ⁶ €)	-824	-995	-3080	-5398	-5398
<u>Saúde humana</u> ¹					
- Taxa de mortalidade devido ao calor (#/10000)	11	18	18	28	28
- Taxa de mortalidade devido ao frio (#/10000)	-28	-52	-49	-64	-64
Impactos socioeconómicos					
Cenário de temperatura (?)	2,5 °C	3,9 °C	4,1 °C	5,4 °C	5,4 °C Aumento elevado do NMM
Agricultura	-0,05%	-0,37%	-0,15%	-1,00%	-1,00%
Cheias fluviais	-0,13%	-0,11%	-0,09%	-0,14%	-0,14%
Zonas costeiras (sem adaptação)	-0,07%	-0,11%	-0,09%	-0,10%	-0,38%
Turismo	-0,02%	-0,03%	-0,08%	-0,12%	-0,12%
Total	-0,27%	-0,62%	-0,41%	-1,38%	-1,65%

1 – Aumento no período 2071-2100 quando comparado com 1961-1990; 2 – Desvio na produção agrícola comparada com 1961-1990 e tendo em conta o valor económico acrescentado pela agricultura nos diferentes países; 3 – Desvio comparado com 1961-1990; 4 - Desvio comparado com 1995; 5 - Desvio comparado com 2005.

2.8 Custos associados à mitigação

Stern (2009) estima que o objetivo de manter a concentração de GEE abaixo de 500 ppm CO₂eq custa cerca de 2% do PIB mundial por ano, durante cerca de 50 anos, enquanto um objetivo menos ambicioso de manter a concentração de GEE abaixo de 550 ppm CO₂eq custa cerca de metade desse valor. Stern estima que a incerteza em torno destes valores é de 3% do PIB.

Estes níveis de estabilização da concentração de GEE correspondem a um aumento da temperatura média global entre 2°C e 5°C, em relação aos valores anteriores a 1850, o que para muitos autores acarreta riscos muito significativos. Mas são talvez objetivos realistas, tendo em conta os atuais níveis de concentração de GEE na atmosfera e de emissões.

O objetivo de manter a concentração de GEE abaixo de 500 ppm CO₂eq exige um corte de 50% das emissões até 2050 em relação aos níveis de 1990. Como a população mundial, atualmente cerca de 6,7 mil milhões de pessoas, deverá atingir, em 2050, mais de 9 mil milhões de pessoas, este objetivo exige a passagem de uma situação atual de 8 ton CO₂eq *per capita* e por ano para 2 ton CO₂eq *per capita* e por ano, em 2050 (Stern, 2009).

O esforço de mitigação que cada nação deverá empreender para se atingir em 2050 o objetivo de emitir apenas 2 ton CO₂eq *per capita* e por ano dependerá do acordo que for possível obter, tendo em conta a responsabilidade histórica de cada um e a realidade atual. Com efeito, a atual média global de 8 ton CO₂eq *per capita* e por ano resulta de realidades muito diversas. As emissões dos EUA, Canadá e Austrália excedem 20 ton, enquanto as emissões da maior parte dos países da África subsaariana não atinge 1 ton. As emissões *per capita* da Europa e do Japão situam-se entre 10 e 12 ton, as da China excedem 5 ton, enquanto as da Índia não atingem 2 ton. As emissões de Portugal são cerca de 6 ton *per capita* e por ano.

Com um investimento anual da ordem de 1 a 2% do PIB (500 a 1000 mil milhões de USD) para ações de mitigação, nem todos os custos dos impactos das alterações climáticas serão evitados e será necessário investir em medidas de adaptação. Estas medidas têm também um custo associado, muito dependente da exposição de cada país às alterações climáticas e das opções nacionais tomadas. O capítulo 3.5 apresenta algumas estimativas dos custos de adaptação a nível global.

2.9 Considerações finais

A gestão da água é, na sua essência, a gestão da variabilidade natural deste recurso, mas as alterações climáticas poderão amplificar esta variabilidade, introduzir maiores incertezas relativamente à quantidade e qualidade da água no futuro e aumentar a vulnerabilidade e os riscos associados à sua utilização. Os efeitos acumulados das alterações climáticas irão aumentar as pressões sobre os recursos hídricos e influenciar decisões sobre o ordenamento do território, a segurança energética ou a segurança alimentar, com implicações importantes para a sustentabilidade da sociedade, em particular, na sua vertente ambiental e de utilização dos recursos naturais.

Neste domínio, o 3.º Relatório Mundial do Desenvolvimento da Água (UNESCO,2009) propõe três mensagens-chave que importa realçar:

- “Há provas de que o clima global está a mudar. Os maiores impactos das alterações climáticas sobre os seres humanos e o ambiente são veiculados pela água;
- As alterações climáticas são um fator determinante das mudanças dos recursos hídricos e induzem pressões adicionais através dos seus efeitos sobre outros fatores determinantes externos;
- As políticas e as práticas de mitigação das alterações climáticas ou de adaptação a essas alterações podem ter impactos sobre os recursos hídricos e as nossas formas de gestão da água podem afetar o clima.”.

E como refere Stern (2007), a redução dos riscos das alterações climáticas impõe uma atuação coletiva urgente, com intervenção dos setores público e privado e da sociedade civil, e também o desenvolvimento de um significativo esforço de cooperação internacional.

3 Adaptação às alterações climáticas

3.1 Necessidade de adaptação

Ao longo dos tempos, o sucesso das comunidades, das organizações ou de cada indivíduo sempre dependeu da capacidade de se adaptarem a novas circunstâncias ou condicionalismos, de ultrapassarem dificuldades e de aproveitarem oportunidades. Esse processo de adaptação é, por vezes, realizado de forma inconsciente ou, pelo menos, não planeada, como reação a uma ameaça concreta e imediata. Noutros casos, é fruto de uma iniciativa programada, suportada por uma avaliação prévia dos riscos a curto, médio e longo prazos, de uma avaliação das potenciais vulnerabilidades e de uma discussão aprofundada sobre os custos e benefícios de estratégias alternativas de resposta.

A adaptação espontânea ou autónoma responde a uma parte expressiva das ameaças colocadas a indivíduos ou a pequenas comunidades e que podem ser controladas por um conjunto de ações simples de efeito localizado. Quando a situação é complexa e exige uma resposta integrada, que articule várias iniciativas a desencadear em simultâneo por diferentes atores, é forçoso adotar uma atitude ativa de prospetiva e planeamento com opções políticas claras e assegurar os instrumentos necessário à sua execução.

A necessidade de articulação entre as várias ações incluídas numa estratégia de resposta às alterações climáticas assume particular relevância, por existir um elevado potencial de conflitos que podem resultar em respostas desadequadas, designadas na terminologia anglo-saxónica por *maladaptation*. A aposta no regadio em zonas com escassez hídrica para responder às dificuldades colocadas pelas alterações climáticas ao setor agrícola ou a dessalinização da água com utilização de energia produzida a partir de combustíveis fósseis podem constituir exemplos de *maladaptation* se as consequências destas decisões não forem integral e aprofundadamente analisadas para diferentes cenários climáticos. A construção de barragens para aumentar a capacidade de regularização do regime de escoamento e, dessa forma, compensar o incremento da sua variabilidade é um outro exemplo de solução que deve ser criteriosamente ponderada dado o *stress* adicional que produz sobre os ecossistemas fluviais, precisamente quando se pretende diminuir as pressões existentes para poder acomodar os impactos das alterações climáticas.

Esta necessidade de integração dos objetivos e programas dos vários setores é assegurada através de uma estratégia nacional, orientadora da política de adaptação, devidamente conciliada com estratégias setoriais ou regionais. A execução desta política deve ser realizada no quadro

institucional e legal existente e recorrendo, sempre que possível, aos instrumentos de planeamento e de gestão disponíveis, de modo a facilitar a identificação, em tempo útil, de potenciais conflitos e a procurar formas adequadas de os resolver.

É também importante realçar que a adaptação às alterações climáticas é um processo condicionado por aspetos específicos de cada local e sistema e que as soluções generalistas correm o risco de serem desadequadas, se aplicadas indiscriminadamente. Fazem, por isso, todo o sentido, estratégias de adaptação às escalas local ou institucional, devidamente integradas nos planos de nível superior, como planos de âmbito nacional, planos de desenvolvimento regional ou local, planos de negócio ou planos de gestão de segurança. O desafio dos responsáveis pelos vários setores e sistemas é converter o conceito de adaptação num conjunto de soluções práticas que sejam aceites por todas partes interessadas.

3.2 Desafios da adaptação

As estratégias de adaptação às alterações climáticas visam preparar a sociedade para os efeitos deste fenómeno e, dessa forma, assegurar o controlo dos seus impactos negativos. Mas são vários os desafios que se colocam.

O conhecimento aprofundado dos impactos das alterações climáticas nos vários setores económicos e nas infraestruturas é a base para qualquer proposta concreta a incluir num programa de adaptação. Mas, embora esse conhecimento tenha aumentado significativamente nos últimos anos, subsistem ainda incertezas significativas, sobretudo no que diz respeito à magnitude das alterações, à tendência de certas variáveis hidrológicas, com destaque para a precipitação, e à frequência de eventos extremos, que, potencialmente, podem provocar os danos mais significativos.

Esta incerteza limita a utilidade das análises custo-benefício, que permitiriam determinar quais os projetos cujos benefícios excedem claramente os custos e que, por isso, constituem bons candidatos a serem incluídos numa estratégia. A Figura 2 ilustra essa situação ao mostrar a relação dos custos e benefícios da adaptação à medida que um programa é adotado e o nível de preparação aumenta. Os custos de adaptação crescem à medida que se concretizam os projetos menos onerosos e com maiores benefícios. Em contrapartida, os benefícios, entendidos como os custos associados aos danos evitados, vão diminuindo à medida que vão sendo levados a cabo os projetos prioritários, de maior impacto em termos de benefícios.

Os custos de adaptação podem ser estimados com algum rigor, porque estão, por regra, associados a intervenções com um esforço quantificável, independentemente da sua natureza processual, construtiva, sócio-económica ou legislativa. A dificuldade reside na estimativa dos benefícios de adaptação, sobretudo devido à incerteza associada aos cenários climáticos e aos seus impactos, e à

incerteza na previsão dos efeitos concretos de alguns tipos de medidas, nomeadamente as medidas que visam a alteração de comportamentos. Esta incerteza aumenta à medida que os projetos de adaptação são adotados, tornando a decisão sobre a implementação de medidas extremamente difícil a partir de um certo nível de execução do programa. Colombo e Byer (2012) discutem várias metodologias para lidar com a incerteza em processo de tomada de decisão.

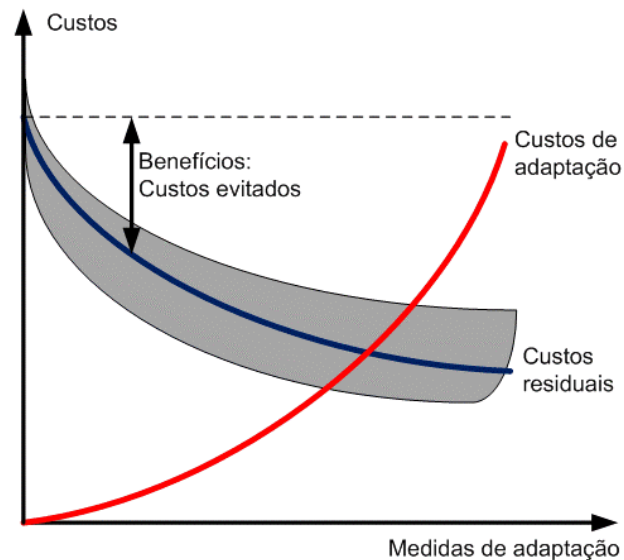


Figura 2 – Representação esquemática da evolução de custos e benefícios de medidas de adaptação.

O facto de os benefícios se prolongarem durante períodos alargados de tempo acrescenta ainda incertezas adicionais ao processo de decisão: os custos de implementação de uma medida são assumidos no curto prazo, mas os benefícios decorrentes dessa decisão prolongam-se por um período mais alargado (100 a 500 anos). A necessidade de atualizar os benefícios distribuídos num longo período de tempo, tornam os resultados da análise muito sensíveis à seleção do valor mais adequado para a taxa de desconto (EEA, 2007).

A consideração do risco de impactos irreversíveis significativos é outro desafio à aplicação desta abordagem, uma vez que o seu custo é extremamente difícil, senão mesmo impossível, de avaliar.

Mas a Figura 2 permite realçar alguns aspetos importantes. Existem projetos ou medidas que resultam em benefícios esperados e que excedem claramente os seus custos ou que visam responder aos efeitos das alterações que se preveem com menor grau de incerteza como, por exemplo, a subida do nível médio do mar. Estas medidas *win-win* ou *no-regret* são virtuosas *per se* e justificam-se plenamente em qualquer cenário climático. Devem constituir, por isso, os projetos prioritários dos programas de adaptação. Haverá outras que estão associadas a um risco reduzido de não resultarem (*low-regret*), podendo ser incluídas numa segunda fase da estratégia de adaptação. As medidas de

maior custo ou de benefícios mais incertos devem ser relegadas para prazos de execução mais longínquos.

A análise custo-benefício não é o único fator a considerar na calendarização de um programa de adaptação. A análise comparativa do tempo de implementação da medida, da sua vida útil e da evolução do seu desempenho, no quadro das expectativas de evolução das alterações climáticas, dá indicações importantes sobre a sua calendarização. O horizonte de análise deve ser consentâneo com a vida útil do sistema em apreciação, existindo situações muito variáveis. Na área agrícola, as decisões sobre as culturas a desenvolver têm implicações para um prazo de cerca de 20 anos, para o qual há uma maior certeza sobre o quadro climático expectável. No extremo oposto, a decisão de construção de um grande aproveitamento hidroelétrico implica a avaliação do seu desempenho para um prazo de 60 ou mais anos e o ordenamento territorial de uma zona costeira deve ser adequado para horizontes da ordem dos 100 anos. Os sistemas de serviços da água são expectavelmente operativos num prazo de 50 anos e as centrais térmicas têm vida útil de 40 a 60 anos.

Tendo em conta estes horizontes, deve optar-se, sempre que possível, por uma execução faseada dos programas de adaptação que garanta a manutenção do risco em níveis adequados, mas que permita o adiamento dos investimentos com a consequente obtenção de vantagens financeiras e que possibilite a utilização de conhecimento mais aprofundado sobre a magnitude das alterações (Figura 3). Infelizmente, no âmbito das infraestruturas de engenharia, são frequentes os casos em que não é viável a implementação faseada dos projetos e em que há necessidade de desenvolver as intervenções de uma só vez, com investimentos de dimensão significativa.

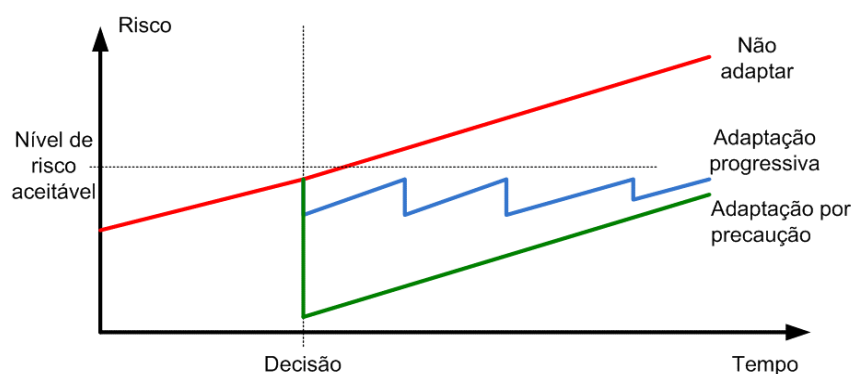


Figura 3 – Níveis de risco face à calendarização de um projeto de adaptação

3.3 Princípios da adaptação

As complexidades, incertezas e dificuldades associadas ao problema das alterações climáticas não devem constituir argumento para adiar a reflexão sobre a melhor estratégia de adaptação e para avançar com a implementação de uma primeira geração de medidas, devidamente enquadradas

numa estratégia de adaptação multidisciplinar, consistente, coerente e que abranja os diversos setores da sociedade.

A questão das alterações climáticas tem de ser considerada de forma integrada em todas as políticas setoriais com reflexos nos recursos hídricos, designadamente na área do ambiente, ordenamento do território, agricultura, energia e turismo. Se os responsáveis de cada setor ou sistema vulnerável ao clima basearem a sua ação numa visão abrangente e de longo prazo, a questão das alterações climáticas, em todas as suas vertentes, é naturalmente considerada em todos os processos de decisão, em paralelo com os restantes fatores condicionantes. O foco deve, por isso, ser a internalização da questão das alterações climáticas nos ciclos de planeamento e de gestão setoriais e nos momentos de definição estratégica.

Mesmo quando a incerteza é elevada e impede ou dificulta a consideração dos efeitos climáticos, é sempre possível proceder a uma avaliação qualitativa dos benefícios das políticas ou decisões a assumir e avaliar se o sentido da decisão é sensível aos diferentes cenários de evolução do clima. Na literatura anglo-saxónica, esta abordagem é designada por *climate proofing* (validação climática).

O primeiro passo é a definição de orientações estratégicas e a identificação de eixos de ação e prioridades. Segue-se a elaboração de planos com a identificação de um conjunto de objetivos de adaptação que poderão vir a ser adotados em cada área de intervenção e as possíveis ações-tipo que podem contribuir para o seu cumprimento. Sempre que adequado, a estratégia de adaptação deverá também integrar e compatibilizar planos ou projetos já em curso que contribuam para os objetivos da adaptação.

Cada plano deverá conter metas concretas para cada um dos objetivos definidos que permitam avaliar o seu grau de implementação e a sua eficácia. Refira-se, a título de exemplo, que na área dos serviços da água, o cumprimento do objetivo de aumentar a eficiência do uso da água poderá exigir, entre outras ações, a reabilitação das infraestruturas de captação, adução e distribuição e o aumento da tarifa da água.

Sempre que se obtenham novos conhecimentos sobre a evolução do clima e seus impactos e que se revejam os resultados das medidas de adaptação já implementadas, deverá ser desencadeado um novo ciclo de planeamento com o objetivo de validar ou adaptar as ações em curso e/ou identificar novas medidas.

É importante realçar que a adaptação constitui um processo de resposta e de implementação de medidas que acompanham a própria evolução das alterações climáticas e o conhecimento progressivo dos seus efeitos. Nesse sentido, as entidades gestoras deverão ajustar-se e adequar o seu processo de decisão a um quadro de maior incerteza que exige a implementação de medidas por

antecipação, por vezes provisórias com caráter meramente preventivo ou de precaução. Devem ser privilegiadas, naturalmente, as medidas flexíveis, passíveis de ser implementadas de forma faseada e evitadas as soluções que restrinjam ou condicionem significativamente opções futuras.

3.4 Adaptação e gestão integrada dos recursos hídricos

Os desafios colocados à gestão dos recursos hídricos são imensos e assumem uma complexidade crescente. As alterações climáticas, em conjunto com o aumento da população, trouxeram um relevo acrescido ao papel da água e às interrelações existentes entre este recurso e o clima, a energia e a alimentação, sendo cada vez mais evidente que as atuais tendências de captação e utilização da água não podem ser mantidas.

Às dificuldades tradicionalmente associadas a um exercício de planeamento e de gestão da água, somam-se as resultantes do aumento das pressões sobre os recursos, da imposição de objetivos ambientais cada vez mais exigentes, do aumento da variabilidade meteorológica e climática e, nalgumas regiões, da diminuição dos recursos disponíveis. E a escassez da água está intimamente associada às dificuldades da produção de alimentos para uma população crescente e da crise energética. A alteração de equilíbrios ou a correção de desequilíbrios em qualquer uma destas áreas tem reflexos diretos nos outros domínios.

Os responsáveis pelo planeamento e a gestão dos recursos hídricos são assim confrontados com a necessidade de enquadrar a sua atividade num âmbito mais vasto de questões, como o desenvolvimento socioeconómico, a satisfação das necessidades de alimentação, a sustentabilidade dos ecossistemas ou a produção e o consumo de energia. É urgente desencadear processos que desenvolvam e implementem um novo paradigma de utilização dos recursos hídricos, no quadro de um desenvolvimento harmonioso da sociedade global.

A extensão do quadro de referência, a crescente dificuldade em satisfazer os diferentes objetivos de planeamento e de gestão e a exigência de reduzir, se possível, a vulnerabilidade global dos sistemas dos recursos hídricos força os gestores de recursos hídricos a rever os seus processos de análise e decisão, a inovar e a aumentar o seu leque de opções. É claro que não há soluções milagrosas nem receitas únicas e que é necessário estudar e adotar soluções que integrem vários eixos de atuação e que sejam adequadas a cada situação.

A complexidade e a crescente incerteza que condicionam a gestão da água e os impactos das alterações climáticas reduzem a eficácia da tradicional abordagem de comando-e-controlo e levam a que se tenha vindo a adotar uma abordagem adaptativa da gestão integrada dos recursos hídricos. A *gestão adaptativa* pode, em termos gerais, definir-se como um processo sistemático de melhoria das

políticas e práticas de gestão, através de uma aprendizagem decorrente dos resultados das estratégias de gestão anteriormente implementadas (Pahl-Wostl *et al.*, 2007).

Um dos eixos de atuação que mais rapidamente pode produzir benefícios é o controlo das pressões sobre o meio hídrico. Em particular, um efetivo uso eficiente da água, através da eliminação de consumos supérfluos e da redução de perdas na adução, distribuição e reutilização da água poderá, a curto prazo, reduzir consideravelmente os volumes de água consumidos. Os instrumentos para atuar neste domínio incluem medidas de recuperação e manutenção de infraestruturas, medidas legais e económicas, mas também (e talvez sobretudo) medidas de comunicação para defesa de valores de cidadania na utilização da água.

Mas estas intervenções do lado da procura de água não resolvem o problema de longo prazo. É fundamental atuar no domínio do planeamento e da gestão, no sentido de assegurar a existência de um quadro integrado de infraestruturas e aproveitamentos hidráulicos e de procedimentos de monitorização, análise e de decisão que potencie os benefícios proporcionados pelos recursos hídricos disponíveis. Este quadro deve ser ajustado às necessidades atuais e futuras.

Uma primeira constatação é que a correta definição e implementação deste quadro de gestão exigem um profundo conhecimento da realidade dos recursos hídricos, sendo por isso necessário ampliar os estudos de avaliação dos recursos hídricos e realizar investigação adicional sobre as alterações climáticas, de modo a que a informação obtida possa condicionar as práticas de gestão da água.

No domínio do planeamento, será necessário rever as técnicas de dimensionamento de infraestruturas, uma vez que não é possível continuar a presumir o princípio da estacionaridade do clima nem a utilizar a hipótese tradicional da engenharia que assume o registo histórico de observações como um bom indicador das condições de operação de um futuro aproveitamento. É urgente avançar com propostas de novas metodologias de dimensionamento, mesmo que, no curto prazo, o seu rigor seja substancialmente inferior ao desejado.

No domínio da gestão, o provável aumento da variabilidade hidrológica sugerido pelos cenários climáticos vem enfatizar a necessidade de melhoria da capacidade de previsão à escala do trimestre ou do semestre dos modelos meteorológicos.

O aumento da complexidade dos sistemas e da diversidade das vertentes de análise a considerar e os crescentes conflitos de utilização da água colocam também uma pressão adicional sobre os processos de análise e de decisão na gestão dos sistemas de recursos hídricos. A gestão rigorosa destes sistemas complexos exige metodologias de análise cada vez mais sofisticadas que assegurem o conhecimento em cada momento do estado do sistema e que permitam prever a sua evolução,

antever riscos, identificar *trade-offs* e, dessa forma, proporcionar indicadores que fundamentem uma melhor decisão. Uma vez mais, muitas destas metodologias foram já disponibilizadas pela comunidade científica, faltando assegurar a sua transposição para uma utilização consistente em situações concretas.

O grande desafio desta procura de conhecimento não está, no entanto, na definição e implementação deste programa de monitorização e de investigação, mas sim na capacidade de difusão dos conhecimentos obtidos a uma comunidade muito diversa de interessados para assegurar que as decisões tomadas são efetivamente baseadas na informação mais atualizada.

3.5 Custos da adaptação

Apesar das dificuldades em avaliar os custos da adaptação, existem estudos que apresentam estimativas desses custos. O relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP, 2007) estima que os custos anuais adicionais de adaptação a um clima mais hostil são no curto prazo (2015) da ordem dos 86 mil milhões de USD, resultando este valor de 44 mil milhões de USD para investimentos em infraestruturas resistentes aos efeitos das alterações climáticas, 40 mil milhões de USD para reforçar as estratégias de redução de pobreza e 2 mil milhões de USD para auxílio adicional a situações de catástrofe.

A UNFCCC apresentou em 2007 uma estimativa de custos para o ano de 2030, discriminada por setor e por região do globo (Quadro 2; UNFCCC, 2007). De acordo com estas estimativas da UNFCCC, o setor das infraestruturas é aquele que exigirá a maior percentagem de investimento (8 a 130 mil milhões de USD). O investimento relativo ao setor da água diz unicamente respeito ao abastecimento humano e não inclui, por exemplo, os custos da proteção contra cheias. Os custos associados às zonas costeiras incluem medidas de proteção e os custos residuais de não adaptação. Parry *et al.* (2009) analisam em pormenor este estudo e apresentam um conjunto de recomendações para investigação futura.

O Banco Mundial estima que o custo anual de adaptação a um cenário de mais 2°C, no período de 2010 a 2050, se situa entre 70 e 100 mil milhões de USD, um valor da magnitude do total da ajuda externa dos países desenvolvidos aos países em desenvolvimento (World Bank, 2010). As estimativas de custos para a Europa e Ásia Central situam-se entre 6,9 e 12.6 mil milhões de USD/ano.

Quadro 2 – Estimativas de custos adicionais de investimento necessário em 2030 para cobrir os custos de adaptação (UNFCCC, 2007)

Setor	Países desenvolvidos (10 ⁹ USD/ano)	Países em desenvolvimento (10 ⁹ USD/ano)	Total (10 ⁹ USD/ano)
Agricultura	7	7	14
Água	2	9	11
Saúde humana	Não estimado	5	5
Zonas costeiras	7	4	11
Infraestruturas	6 – 88	2 – 41	8 – 130
Total	22 -105	27 – 66	49 - 171

O Quadro 3, retirado de Banco Mundial (World Bank, 2009), compara os valores propostos por esta instituição com as estimativas da UNFCCC (UNFCCC, 2007). Note-se que o total das estimativas apresentado no quadro é ligeiramente diferente do referido em Banco Mundial (2010). Analisando o Quadro 3, verifica-se que os valores propostos pelo Banco Mundial são significativamente superiores às estimativas da UNFCCC, sobretudo devido à atualização dos custos associados às zonas costeiras. O setor das infraestruturas tem um peso significativo no total dos custos, sendo da mesma ordem de grandeza de estudos anteriores, designadamente 9-41 x10⁹ USD/ano (World Bank, 2006), 4-37 x10⁹ USD/ano (Stern, 2007), 5-67 x10⁹ USD/ano (UNDP, 2007) e 2-41 x10⁹ USD/ano (UNFCCC, 2007).

Quadro 3 – Comparação das estimativas dos custos anuais de adaptação (10⁹ USD/ano)

Setor	Banco Mundial (World Bank, 2009)	UNFCCC (2007)
Infraestruturas	13,5 - 29,5	2 – 41
Zonas costeiras	29,6 – 30,1	5
Abastecimento de água e protecção contra cheias	13,7 – 19,2	9
Agricultura, florestas e pesca	7,3 – 7,6	7
Saúde humana	1,6 – 2	5
Eventos climáticos extremos	6,5 - 6,7	-
Total	77,7 – 89,6	28 - 67

O estudo do Banco Mundial de 2009 discrimina as suas estimativas por setor, indicando para o setor da água e proteção contra cheias uma gama de investimento entre 14 e 19 mil milhões de USD por ano e, dependente do cenário climático, para as zonas costeiras um valor de 30 mil milhões de USD por ano e para a proteção contra eventos extremos cerca de 7 mil milhões de USD por ano (World Bank, 2009). O Quadro 4 apresenta as estimativas para a área do abastecimento público, proteção contra cheias e zonas costeiras para a Europa e Ásia Central.

Quadro 4 – Estimativas de custos médios anuais de adaptação para o período 2010-2050 para a Europa e Ásia Central

Setor	Custo (10 ⁹ USD/ano)
Abastecimento de água	0,9 – 1,7
Proteção contra cheias	0,6 – 1,7
Zonas costeiras	2,4 – 3,1
Agricultura	0,2 – 0,3

No quadro da União Europeia, o projeto PESETA (PESETA, 2009) estimou os custos de adaptação nas zonas costeiras da mesma ordem de grandeza dos anteriormente apresentados, e comparou-os com os custos dos impactos sem medidas de adaptação. De acordo com os valores apresentados para um cenário climático mais favorável e para a década de 2020, o investimento de cerca de 305 milhões de euros por ano em medidas de adaptação nas zonas costeiras de toda Europa permite reduzir os custos dos impactos das alterações climáticas de 5000 milhões de euros para 1223 milhões de euros. O Quadro 5 apresenta valores para outros cenários climáticos e horizontes temporais.

Quadro 5 – Estimativas de custos dos impactos das alterações climáticas para as zonas costeiras da União Europeia e dos benefícios das medidas de adaptação (JRC, 2009)

Ano	Cenário	Custos dos impactos sem medidas de adaptação (10 ⁶ € /ano)	Custos de adaptação (10 ⁶ € /ano)	Custos residuais dos impactos (10 ⁶ € /ano)	Benefício líquido da adaptação (10 ⁶ € /ano)
1995	-	1,756	-	-	-
2020	B2, aumento reduzido do NMM	5,020	305	1,223	3,492
2080	B2, aumento reduzido do NMM	10,315	271	841	9,203
2020	A2, aumento significativo do NMM	6,637	1,013	1,727	3,896
2080	A2, aumento significativo do NMM	44,606	2,608	2,242	39,756

4 Estratégia setorial de adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água

4.1 Estrutura

O objetivo último da Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os Recursos Hídricos (ESAAC-RH) é a redução da vulnerabilidade dos setores, atividades e sistemas dependentes ou afetados pela água aos impactos decorrentes do aumento da concentração dos GEE. Pretende-se desta forma complementar os esforços de mitigação que visam a redução das emissões de GEE e controlar a médio e longo prazo os impactos sobre a concentração destes gases sobre o clima.

A vulnerabilidade dos vários setores, atividades e sistemas aos impactos das alterações climáticas é função da sua exposição aos fenómenos climáticos, da sua robustez a esses impactos e da sua resiliência. Os conceitos de robustez e de resiliência são distintos, mas estão intimamente ligados: enquanto a robustez procura avaliar a capacidade de resistência (ou sensibilidade) aos impactos das alterações climáticas, a resiliência mede a capacidade de recuperar de estados de deficiente funcionamento ou mesmo de não operacionalidade. Na prática, não é, por vezes, fácil distinguir se a robustez de um sistema provém da sua menor sensibilidade (i.e., da sua maior capacidade de resistir) ou da sua aptidão em recuperar rapidamente de estados adversos.

O 3.º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas define vulnerabilidade no contexto das alterações climáticas de forma ligeiramente diferente, afirmando que é o grau a que um sistema é suscetível a, ou incapaz de lidar com, efeitos adversos das alterações climáticas, incluindo a variabilidade climática e os fenómenos extremos (IPCC, 2001). A vulnerabilidade é função de um conjunto de indicadores da exposição à alteração climática a que um sistema é sujeito, nomeadamente o carácter, a intensidade e taxa de variação do clima, e ainda da sua sensibilidade a essa exposição (o inverso da robustez) e da capacidade de adaptação ou adaptabilidade. A adaptabilidade pode definir-se como a capacidade de um sistema se adaptar às alterações climáticas e é dependente das características do sistema (essencialmente a sua resiliência), das condições socioeconómicas e institucionais e da disponibilidade existente para promover medidas de adaptação. A Figura 4 ilustra as relações entre estes conceitos.

A vulnerabilidade aos impactos das alterações climáticas mediados pela água é muito variável consoante as regiões e os domínios de atividade socioeconómica. Em termos gerais, os países em desenvolvimento são mais vulneráveis aos impactos das alterações climáticas porque estão situados

em regiões com problemas de saúde e de desenvolvimento delicados e porque possuem economias baseadas em setores sensíveis ao clima (por exemplo, agricultura e pescas). Acresce que o seu baixo rendimento e os problemas de acesso a financiamento e ao desenvolvimento tecnológico dificultam os investimentos necessários para promover a robustez e a resiliência dos setores expostos aos fenómenos climáticos (Burton *et al.*, 2006).

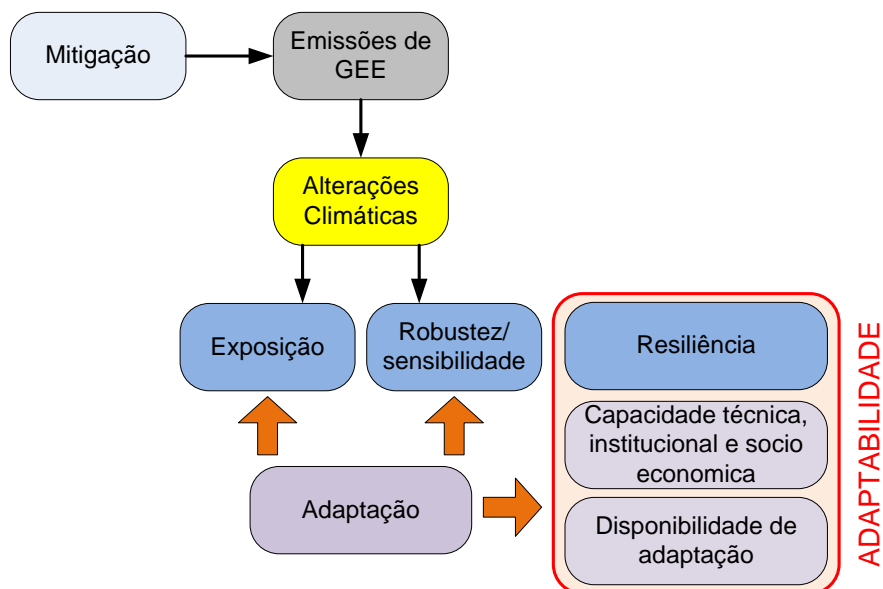


Figura 4 - Modelo conceptual de relação dos conceitos de adaptação, exposição, robustez e resiliência

Nesta ótica, a redução da vulnerabilidade é conseguida alterando os fatores que a condicionam. Como, na prática, as ações que visam o aumento da robustez se sobrepõem parcialmente às ações que têm como objetivo aumentar a resiliência, uma estratégia de adaptação deve organizar-se em torno de três grandes eixos:

- Redução da exposição dos sistemas e atividades aos fenómenos climáticos;
- Aumento da robustez e da resiliência dos sistemas expostos aos fenómenos climáticos;
- Aprofundamento e divulgação do conhecimento no domínio da avaliação dos impactos das alterações climáticas e da viabilidade de possíveis ações de adaptação, com o objetivo de ultrapassar as barreiras técnicas, sociais e institucionais.

Incluem-se no primeiro eixo, de redução da exposição aos fenómenos climáticos, as ações que procuram reduzir as pressões sobre o meio hídrico, nomeadamente a procura de água e as descargas de contaminantes, de modo a reduzir o *stress* de origem não climática a que as massas de água estão sujeitas. Incluem-se também neste eixo as ações que procuram reduzir o risco de situações adversas, nomeadamente de cheias e de seca, por exemplo através da deslocação de pessoas e bens de zonas em risco de inundação ou do condicionamento da localização de atividades fortemente consumidoras de água em regiões mais propensas a secas.

No eixo relativo ao aumento da robustez e da resiliência dos sistemas, incluem-se as ações que visam melhorar a capacidade instalada em lidar com os novos padrões de variabilidade climática, recorrendo, por exemplo à expansão dos sistemas de monitorização, previsão e alerta, à melhoria dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos, à diversificação das origens de água ou, ainda, à construção ou adaptação de infraestruturas de gestão e de valorização da água ou de proteção contra inundações.

Finalmente, o terceiro eixo, relativo ao aprofundamento do conhecimento, resulta do reconhecimento que a informação disponível é ainda escassa para delinear um programa de adaptação voluntarista e intervencionista, com ações muito concretas. Inclui as ações que visam recolher, produzir e divulgar a informação necessária ao desenho a prazo das respostas mais adequadas, as alterações legais e institucionais que seja necessário realizar e, ainda, as medidas que assegurem o financiamento de todo o programa. Trata-se de um eixo transversal aos dois primeiros.

4.2 Objetivos

A organização dos programas e ações a incluir na ESAAC-RH em torno dos 3 eixos acima referidos é interessante por realçar os princípios básicos de uma estratégia de adaptação e as motivações originais (ou razão de ser) de cada proposta de ação. É, no entanto, pouco útil quando se procura descrever um conjunto abrangente, consistente e operacional de recomendações práticas. Em alternativa, propõe-se organizar os programas de ação a incluir na ESAAC-RH em torno de um conjunto reduzido de objetivos estratégicos:

- Redução das pressões sobre o meio hídrico;
- Reforço da segurança da disponibilidade de água;
- Gestão do risco;
- Aprofundamento e divulgação do conhecimento.

O objetivo de *redução das pressões sobre o meio hídrico* visa reduzir a dependência dos setores económicos da variação da disponibilidade de água e promover a criação de uma capacidade de resistência adicional (*buffer*) que possa ser utilizada para enfrentar os impactos das alterações climáticas. Esta redução pode ser obtida por uma melhor gestão da procura da água e por uma proteção crescente das massas de água e ecossistemas dependentes. No caso da gestão da procura de água, visa-se reduzir a exposição da sociedade à variabilidade climática, incluindo-se neste objetivo os programas de uso eficiente da água e os de compatibilização geográfica da oferta e da procura de água. No caso da proteção das massas de água e ecossistemas dependentes, promove-se a robustez do meio hídrico, através da redução da sua sensibilidade às pressões adicionais resultantes das alterações climáticas. A redução de descargas pontuais e distribuídas no meio hídrico

e a manutenção de um regime hidrológico e das condições morfológicas adequadas à promoção do bom estado dos ecossistemas são exemplos de ações que contribuem para o cumprimento deste objetivo.

O objetivo estratégico de *reforço da segurança da disponibilidade de água* é alcançado através de ações de melhoria dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos, de modo a aproveitar melhor as infraestruturas existentes, através da construção de novas infraestruturas de adução e armazenamento e, ainda, reforçando e diversificando as origens de água. Este objetivo beneficia do anterior no que diz respeito à proteção das massas de água utilizadas para abastecimento. Todas estas ações visam aumentar a robustez dos sistemas em satisfazer as necessidades de água.

O objetivo estratégico de *gestão do risco* abrange todos os riscos que podem vir a ser afetados pelas alterações climáticas, nomeadamente o risco de situações extremas (cheias e secas) e os riscos associados ao mar (decorrentes da subida do nível médio do mar e da alteração do regime de agitação marítima). As ações que contribuem para perseguir este objetivo incluem as ações de avaliação e mapeamento do risco, o reforço dos sistemas de deteção e alerta de situações de emergência, a deslocação de pessoas e bens de zonas em risco e a construção de infraestruturas de redução do risco, incluindo de proteção física.

O objetivo estratégico de *aprofundamento do conhecimento* visa recolher e produzir a informação necessária à melhoria, a prazo, da capacidade de elaboração de um programa de adaptação aos impactos das alterações climáticas.

Quadro 6 – Objetivos estratégicos e específicos da ESAAC-RH

Objetivo estratégico	Objetivo específico
Redução das pressões sobre o meio hídrico	Gestão da procura de água (redução da dependência da disponibilidade de água)
	Proteção das massas de água e dos ecossistemas dependentes
Reforço da segurança da disponibilidade de água	Aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos
	Reforço das infraestruturas de captação, regularização e adução
Gestão do risco	Avaliação do risco de diferentes naturezas
	Promoção de programas de medidas de proteção
	Implementação de sistemas de monitorização, deteção e alerta precoce
	Sensibilização pública
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	Reforço dos sistemas de monitorização e análise
	Avaliação dos riscos resultantes dos impactos das alterações climáticas
	Análise da viabilidade de possíveis medidas de adaptação
	Revisão das metodologias de análise e de dimensionamento de sistemas e infraestruturas
	Sensibilização pública e capacitação técnica

Os objetivos estratégicos acima referidos traduzem-se em objetivos específicos que concretizam as várias vertentes do primeiro nível de objetivos. O Quadro 6 apresenta a lista de objetivos estratégicos e respetivos objetivos específicos. Alguns destes objetivos são transversais a vários dos setores considerados na ESAAC-RH.

4.3 Programas de medidas

A prossecução dos objetivos definidos é realizada através de programas de medidas que visam o cumprimento de um objetivo estratégico específico, embora possam contribuir marginalmente para outros. A Figura 5 ilustra as relações entre os programas de medidas e os objetivos estratégicos e específicos. Alguns programas foram concebidos para serem executados no quadro de um único setor e incluem medidas específicas para esse setor, mas muitos são mais abrangentes e abarcam medidas previstas para vários setores (Quadro 7). O programa que visa o aprofundamento do conhecimento é um caso extremo, abrangendo a totalidade dos setores.

A natureza das medidas propostas é variada e estas podem ser alinhadas ao longo de quatro eixos:

- Eixo técnico, que abrange as ações de construção, reabilitação, reforço ou de deslocação de infraestruturas e as ações de reordenamento do território; estas medidas têm por objetivo melhorar a capacidade dos sistemas para susterem pressões acrescidas e para lidarem com a variabilidade climática, explorar a eventual capacidade desaproveitada nas infraestruturas ou promover a flexibilidade operativa e de evolução futura dos sistemas; esta aposta no aumento de flexibilidade para diversificar as opções futuras, nomeadamente através da adaptação de infraestruturas para que possam evoluir com a alteração climática, tem vindo a ser objeto de intensa investigação (Colombo e Byer, 2012).
- Eixo económico, que abrange as ações de utilização de instrumentos económicos como, por exemplo, a aplicação de taxas ou subsídios que têm por objetivo a promoção dos sinais adequados para uma utilização sustentável dos recursos hídricos e para a adoção de medidas de adaptação adequadas;
- Eixo legal ou regulatório, que abrange as ações de revisão do quadro legal ou regulamentar no sentido de eliminar barreiras e de dinamizar a adoção de medidas de adaptação pelos vários agentes da sociedade; inclui, por exemplo, a definição de novos critérios de dimensionamento de infraestruturas, o reforço da exigência do controlo local de caudais pluviais, a imposição de uma percentagem mínima de eficiência no uso da água ou a revisão dos objetivos de garantia de serviço.
- Eixo de informação e comunicação, que abrange as ações de monitorização dos recursos hídricos, de aprofundamento do conhecimento, de comunicação e difusão de dados e de

informação, e ainda, de promoção da participação pública dos cidadãos; as acções de financiamento da investigação científica e o estabelecimento de rede piloto de partilha de experiencias podem ser incluídas neste eixo.

Subjacente a estes quatro eixos de atuação, está um quadro institucional que pode também ser objeto de análise, para verificar se responde com eficácia aos desafios das alterações climáticas. Tendo em conta o princípio da internalização da problemática das alterações climáticas nas diversas políticas setoriais, o grande desafio é assegurar que o quadro institucional permite desenvolver políticas setoriais consequentes, de forma integrada e coerente, tendo em conta os objetivos e as condicionantes existentes, incluindo as alterações climáticas. Por ter sido recentemente objeto de uma alteração profunda, optou-se por não questionar o atual quadro institucional.

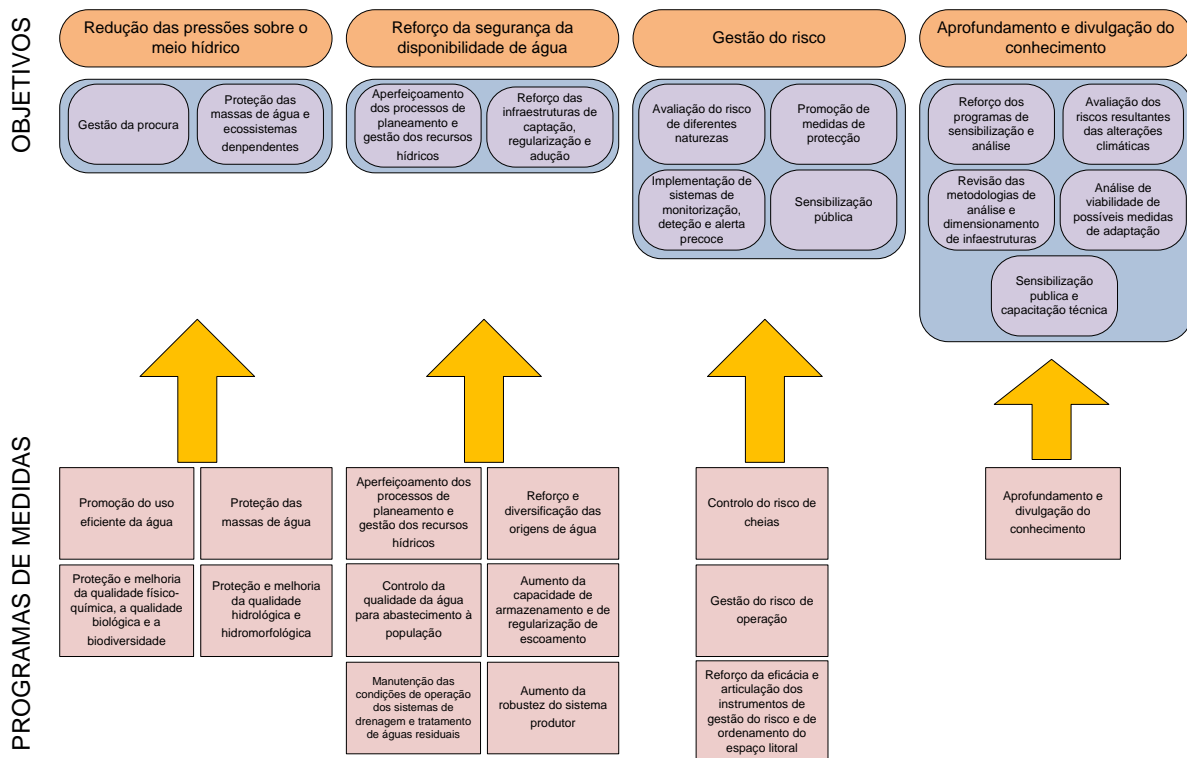


Figura 5 – Relação entre objetivos e programa de medidas

Quadro 7 - Relação entre objetivos estratégicos, programa de medidas e setores

Programa	Planeamento e gestão dos recursos hídricos	Ecosistemas aquáticos e biodiversidade	Serviços da água	Agricultura e florestas	Produção de eletricidade	Turismo	Zonas costeiras
Objetivo estratégico: Redução das pressões sobre o meio hídrico							
Promoção do uso eficiente da água			●	●		●	
Proteção das massas de água	●						
Proteção e melhoria da qualidade físico-química e biológica e da biodiversidade dos ecossistemas		●					
Proteção e melhoria da qualidade biológica e hidromorfológica		●					
Objetivo estratégico: Reforço da segurança da disponibilidade de água							
Aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos	●						
Reforço e diversificação das origens de água	●		●	●			
Aumento da capacidade de armazenamento e de regularização do escoamento	●						
Controlo da qualidade para abastecimento à população			●				
Manutenção das condições de operação dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais			●				
Aumento da robustez do setor produtor					●		
Objetivo estratégico: Gestão do risco							
Controlo do risco de cheias	●		●				●
Gestão do risco de operação					●		
Reforço da eficácia e da articulação dos instrumentos de gestão do risco e de ordenamento do território					●		●
Objetivo estratégico: Aprofundamento e divulgação do conhecimento							
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	●	●	●	●	●	●	●

4.4 Instrumentos

A ESAAC-RH inclui ações a desenvolver por instituições, públicas ou privadas, às escalas nacional, regional ou local, de preferência inseridas em planos previstos no quadro institucional e legal existente ou nas estratégias das empresas. No setor público, a elaboração do Plano Nacional da Água (PNA), dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH), dos Planos de Gestão de Risco de Inundações (PGRI) e dos Planos de Ordenamento de Orla Costeira (POOC), propicia o quadro adequado para a reflexão sobre as melhores formas de integrar as propostas da ESAAC-RH. A título de exemplo, refere-se também que nas empresas de serviços da água, a elaboração dos Planos de

Segurança da Água constitui uma boa oportunidade para avaliar os riscos decorrentes das alterações climáticas, em conjunto com os de outra natureza. Sempre no sentido de integrar as ações de adaptação na prática corrente de planeamento e gestão, a ESAAC-RH acolhe também os planos e ações, lançados ou previstos com outros propósitos, mas que contribuem efetivamente para a adaptação a um novo regime climático, como são exemplos o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUE) ou a Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais (ENEAPAI).

5 Estratégia de adaptação aos impactos relacionados com o planeamento e gestão dos recursos hídricos

5.1 Introdução

Apresentam-se neste capítulo os programas de medidas de adaptação relacionados com o planeamento e gestão de recursos hídricos e que são complementados pelos programas de medidas específicos para cada um dos setores apresentados no capítulo 6. Na área do planeamento e gestão de recursos hídricos, incluem-se as medidas de natureza mais abrangente, que procuram assegurar a proteção dos recursos hídricos e promover as condições de base para uma gestão integrada das utilizações de água e dos riscos associados a cheias e secas com mecanismos eficazes de resolução de conflitos. É também objetivo deste programa o desenvolvimento da investigação de base sobre a vulnerabilidade do território e dos sistemas de recursos hídricos e sobre a identificação das estratégias de adaptação mais adequadas.

As medidas de adaptação às alterações climáticas incluídas no setor do planeamento e gestão dos recursos hídricos apostam: na proteção das massas de água, com o objetivo de criar uma folga que possa ser utilizada para encaixar as pressões adicionais decorrentes das alterações climáticas; na melhoria dos processos e das infraestruturas de planeamento e gestão dos recursos hídricos para otimizar os benefícios a obter dos recursos disponíveis; no controlo dos riscos de cheias; e na melhoria de conhecimento para melhor planear uma nova geração de medidas.

São propostos seis programas, que abrangem 16 medidas. As medidas têm uma natureza transversal e proporcionam benefícios nos restantes setores utilizadores de água. Na sua maioria, estas medidas constituem um reforço dos objetivos já assumidos nos Planos de Gestão de Recursos Hídricos para proteção dos recursos hídricos, promoção de um uso eficiente da água e controlo dos riscos associados com a água. Esta opção resulta da constatação que os impactos das alterações climáticas constituem uma pressão adicional sobre os recursos hídricos e que a primeira geração das políticas de adaptação deve privilegiar a execução integral e em tempo útil de um conjunto de medidas de planeamento e gestão já planeadas ou em curso, que visam responder aos problemas já detetados. Em simultâneo, é necessário prosseguir os esforços de investigação e de melhoria do conhecimento para melhor planear uma segunda geração de medidas.

5.2 Programas de medidas de adaptação

Programa 1. Proteção das massas de água

Medida RH 1.1 – Controlo da contaminação do meio hídrico por descargas pontuais, designadamente através de um aumento da eficácia dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais ou da implementação de esquemas mais eficientes para o licenciamento de descargas, em função do caudal disponível no meio hídrico para a sua diluição e da sensibilidade do ecossistema.

Medida RH 1.2 - Redução da contaminação do meio hídrico por descargas difusas, designadamente através da implementação ou continuação de programas que visem a adoção de boas práticas agrícolas e a redução da contaminação por pesticidas e fertilizantes, sobretudo nas zonas vulneráveis. A extensão do conceito de zona vulnerável a mais áreas e a implementação da Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais (ENEAPAI), são alguns dos instrumentos para este fim.

Medida RH 1.3 - Controlo do licenciamento de captações de água, de forma a assegurar um bom estado químico e ecológico das massas de água.

Programa 2. Aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos

Medida RH 2.1 - Melhoria dos sistemas de monitorização, previsão e alerta, que permitam fornecer informação aos decisores operacionais num formato e num tempo adequados à tomada de decisão. Estão abrangidos nesta medida os instrumentos de monitorização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e das utilizações da água, assim como os modelos matemáticos que permitem completar e interpretar os dados de monitorização, antecipar situações críticas e preparar as respostas adequadas. Alguns destes sistemas já estão operacionais, como é o caso do Sistema Nacional de Informação sobre os Recursos Hídricos (SNIRH) ou do Sistema de Licenciamento de Recursos Hídricos, sendo necessário continuar a alargar o seu âmbito, aperfeiçoar o seu funcionamento, promover a sua integração com sistemas adjacentes e, de um modo geral, integrá-los de forma eficiente no processo de decisão operacional.

Medida RH 2.2 – Melhor aproveitamento da capacidade de regularização e de adução instaladas, para melhorar os processos de gestão das várias infraestruturas, de modo a rentabilizar a capacidade instalada na satisfação das necessidades de água e no controlo do risco de escassez de água.

Medida RH 2.3 - Aprofundamento da gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, para, em conjunto com a medida anterior, promover os sistemas com fins múltiplos, identificando e aproveitando as possibilidades de sinergia entre os recursos disponíveis, as infraestruturas existentes e os usos da água e potenciar os benefícios resultantes da sua operação.

Medida RH 2.4 - Aprofundamento dos processos de planeamento e de gestão integrada das bacias hidrográficas internacionais com o Reino de Espanha através da troca de informação, da definição de objetivos comuns e da execução de um programa de ação integrado que os concretize. Na

implementação desta medida, que dá cumprimento aos requisitos da Diretiva-Quadro da Água no que respeita a bacias internacionais, devem ser acautelados os interesses e os direitos de Portugal, explicitados na própria diretiva e em várias convenções internacionais.

Programa 3. Reforço e diversificação das origens de água

Medida RH 3.1 - Reutilização da água e compatibilização do uso da água com a sua qualidade, identificando as situações onde a utilização de água com menor qualidade pode ser realizada a custos razoáveis e em segurança e desenvolver as soluções que permitam essa utilização. Esta medida está prevista no Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água.

Medida RH 3.2 - Dessalinização da água do mar ou de águas salobras, identificando situações onde a dessalinização pode ser a solução mais adequada para satisfazer as necessidades de água. Esta medida é sobretudo direcionada para o abastecimento da população, dado o custo energético que lhe está associado. A energia consumida nas centrais de dessalinização deve ser de origem renovável, para evitar a emissão de gases com efeito de estufa.

Medida RH 3.3 - Diversificação das origens de água e promoção da capacidade de transferência de água entre bacias ou sistemas de abastecimento, nos casos em que esta solução possa contribuir para um aumento da fiabilidade dos sistemas de abastecimento de água e atenuar situações de escassez localizada de água.

Programa 4. Aumento da capacidade de armazenamento e de regularização de escoamento

Medida RH 4.1 - Promoção da recarga de aquíferos, incluindo recarga artificial, utilizando a capacidade de armazenamento proporcionada de forma natural por aquíferos para atenuar a variabilidade da disponibilidade de água para captação e obter uma melhor compatibilização com a variação das necessidades de água.

Medida RH 4.2 - Construção de novas barragens, respondendo ao aumento da variabilidade da precipitação e do escoamento e aumentando a capacidade de regularização do escoamento fluvial para compatibilizar a capacidade de captação com a variação das necessidades de água.

Programa 5. Controlo do risco de cheias

Medida RH 5.1 – Avaliação da alteração dos principais fatores de risco de cheias e inundações, nomeadamente os decorrentes do aumento do nível médio do mar e da alteração do regime de precipitações intensas. Pretende-se quantificar o aumento dos fatores de risco e proporcionar os elementos de análise quantificados que permitam uma tomada de decisão por parte dos responsáveis pela segurança de pessoas e bens às escalas nacional, regional e local.

Medida RH 5.2 – Alteração das metodologias e dos critérios de dimensionamento de infraestruturas, adaptando recomendações e critérios de dimensionamento de infraestruturas ao conhecimento atual do fenómeno das alterações climáticas. Estes elementos devem ser periodicamente revistos tendo em conta os resultados dos esforços de recolha de informação e de investigação em curso.

Medida RH 5.3 – Identificação das zonas em risco de inundação e revisão dos Planos de Gestão do Risco de Inundações, dando cumprimento ao exposto na Diretiva Comunitária 2007/60/CE, transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei n.º 115/2010, que estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações e a obrigatoriedade, para áreas em risco, da elaboração de cartas de zonas inundáveis, de cartas de risco e de planos de gestão de risco. Para a primeira geração de cartas e planos a elaborar entre 2011 e 2015, a legislação preconiza a avaliação preliminar dos riscos de inundações a longo prazo decorrentes do impacto das alterações climáticas. Na revisão destes elementos, seis anos após a sua aprovação, é necessário avaliar o impacto provável das alterações climáticas na ocorrência de inundações.

Medida RH5.4 – Reforço das infraestruturas de proteção contra cheias ou adequação da ocupação de zonas em risco por pessoas e bens, contemplando a execução das ações de proteção previstas nos Planos de Gestão de Risco de Inundações ou em Planos de Segurança internos de instalações, assim como de adequação da ocupação das zonas em perigo a um nível de risco mais elevado, caso se conclua não ser viável a manutenção do atual nível de proteção. Pode incluir a construção de diques ou de outras estruturas e proteção, a atribuição de volumes para encaixe de cheias em albufeiras existentes ou a construir, ou o deslocamento de pessoas e atividades de zonas em risco. A medida complementa as medidas RH 2.1 e RH 6.3, que apostam no aperfeiçoamento de sistemas de previsão e alerta precoce de cheias e situações de inundação.

Programa 6. Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Medida RH 6.1 – Aprofundamento do conhecimento sobre os impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos e nos diversos sectores deles dependentes, nos seus aspetos técnicos, ambientais, económicos e sociais. Para isso, será necessário investir na melhoria das ferramentas de modelação climática, em programas de monitorização das variáveis hidroclimáticas e dos impactos das alterações climáticas, e na quantificação dos impactos.

Medida RH 6.2 - Inventariação e sistematização de possíveis abordagens e soluções de adaptação e criação de um portfolio de soluções, com a identificação das potencialidades, vantagens, desvantagens, investimentos e encargos associados. Esta medida deve complementar os esforços da Comissão Europeia, que lançou recentemente uma plataforma de partilha de informação que

disponibiliza estudos e dados sobre impactos esperados, vulnerabilidades setoriais e regionais e estratégias já adotadas (<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>).

Medida RH 6.3 - Desenvolvimento de plataformas de informação, comunicação e educação para a disseminação da informação disponível e sensibilização e informação dos vários agentes, para o risco decorrente das alterações climáticas.

Síntese

O Quadro 8 apresenta uma síntese dos programas e respetivas medidas de adaptação aos impactos relacionados com o planeamento e gestão de recursos hídricos.

Quadro 8 – Programas e medidas de adaptação - Planeamento e gestão de recursos hídricos

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Proteção das massas de água	RH 1.1 – Controlo da contaminação do meio hídrico por descargas pontuais	APA	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√		€€	+++	●●●	Região Hidrográfica
	RH 1.2 - Redução da contaminação do meio hídrico por descargas difusas	APA	Códigos de boas práticas, ENEAPAI	√	√		€€€	+++	●●●	Região Hidrográfica
	RH 1.3 - Controlo do licenciamento de captações de água	APA	Política de licenciamento		√		€	+++	●●●	Região Hidrográfica
Aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão dos recursos hídricos	RH 2.1 - Melhoria dos sistemas de monitorização, previsão e alerta	APA	Sistemas de monitorização			√	€	+++	●●●	Nacional
	RH 2.2 - Melhor aproveitamento da capacidade de regularização e de adução instaladas	Entidades de gestão	Planos operacionais de gestão	√			€	++	●●●	Sistema de gestão
	RH 2.3 - Aprofundamento da gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos	Entidades de gestão	Planos operacionais de gestão	√	√		€	++	●●●	Sistema de gestão
	RH 2.4 - Aprofundamento dos processos de planeamento e de gestão integrada das bacias hidrográficas internacionais com o Reino de Espanha	APA	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√	√	€	+++	●●●	Região Hidrográfica
Reforço e diversificação das origens de água	RH 3.1 Reutilização da água e compatibilização do uso da água com a sua qualidade;	Entidades de gestão	Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água Planos operacionais de gestão	√			€€	++	●●	Região Hidrográfica
	RH 3.2 - Dessalinação da água do mar ou de águas salobras;	Entidades de gestão	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√			€€	+++	●	Região Hidrográfica
	RH 3.3 Diversificação das origens de água e promoção da capacidade de transferência de água entre bacias ou sistemas de abastecimento	Entidades de gestão	Planos operacionais de gestão	√			€€		●	Sistema de gestão

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação		Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
Aumento da capacidade de armazenamento e de regularização de escoamento	RH 4.1 - Promoção a recarga de aquíferos, incluindo através de recarga artificial	APA, Entidades de gestão	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	✓		€	++	●●	Região Hidrográfica
	RH 4.2 - Construção de novas barragens	APA, Entidades de gestão	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	✓		€€€	+++	●	Região Hidrográfica
Controlo do risco de cheias	RH 5.1 – Avaliação da alteração dos principais fatores de risco de cheias e inundações	APA	Política de investigação	✓		€	++	●●●	Região Hidrográfica
	RH 5.2 – Alteração das metodologias e dos critérios de dimensionamento de infraestruturas	APA, Instituições I&D	Política de investigação	✓	✓	€	+++	●●●	Nacional
	RH 5.3 – Identificação das zonas em risco de inundação e revisão dos Planos de Gestão do Risco de Inundações	APA, CMs	Planos de Gestão do Risco de Inundações	✓		€	+++	●●●	Região Hidrográfica
	RH5.4 – Reforço das infraestruturas de proteção contra cheias ou adequação da ocupação de zonas em risco por pessoas e bens	APA, CMs	Planos de Gestão do Risco de Inundações	✓		€€€	+++	●	Região Hidrográfica
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	RH 6.1 – Aprofundamento do conhecimento sobre os impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos e nos diversos sectores deles dependentes	APA, Instituições I&D	Política de investigação	✓		€	+	●●●	Nacional
	RH 6.2 - Inventariação e sistematização de possíveis abordagens e soluções de adaptação e criação de um portfolio de soluções	APA, Instituições I&D	Política de investigação	✓		€	++	●●●	Nacional
	RH 6.3 - Desenvolvimento de plataformas de informação, comunicação e educação para a disseminação da informação disponível e sensibilização e informação dos vários agentes	APA, Instituições I&D	Política de educação e comunicação	✓		€	++	●●●	Nacional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto: + positivo e significativo ++ positivo e muito significativo; Prioridade

●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

5.3 Considerações finais

As medidas previstas para a adaptação dos processos de planeamento e gestão dos recursos visam atuar em diversas áreas com benefícios transversais aos vários setores utilizadores da água. No que respeita à gestão da variabilidade hidrológica e de situações de escassez de água, privilegiam-se as medidas de proteção das massas de água e de aperfeiçoamento dos processos de planeamento e gestão antes de realizar investimentos mais avultados, nomeadamente, para reforço e diversificação das origens de água ou para aumento da capacidade de armazenamento e regularização do escoamento. Para o controlo de risco de cheias, propõe-se rever os critérios de quantificação de risco e de dimensionamento das áreas de salvaguarda e das infraestruturas, identificar zonas em risco de cheia, aperfeiçoar sistemas de previsão e alerta e, numa fase posterior, adequar a ocupação humana de áreas em risco e reforçar estruturas de proteção.

Sendo medidas transversais de regulação e de preparação de todo o setor da água, uma parte significativa das medidas é da responsabilidade da APA que deve atuar através dos planos de gestão de recursos hídricos, dos planos de gestão de risco de inundações, das políticas de licenciamento de títulos de utilização de recursos hídricos e, ainda, através da emissão de recomendações e de códigos de boas práticas. Os sistemas de monitorização e previsão devem ser reforçados para suportar a gestão da água em diversas situações, incluindo as de seca ou de cheia.

As Câmaras Municipais são também responsáveis por iniciativas de ordenamento do território, nomeadamente para gestão do risco de cheia. Os planos de gestão de risco de inundações são os instrumentos para estas ações conjuntas da APA e CMs.

As entidades de gestão de infraestruturas de armazenamento, captação e adução são também convocadas para adequar os seus sistemas de monitorização, planeamento e gestão e, eventualmente, implementar algumas medidas estruturais de reforço de capacidade. Neste caso, os instrumentos de implementação são os planos de segurança, os planos de investimento e os planos operacionais de gestão.

No domínio do aprofundamento do conhecimento, a APA deve colaborar com instituições de financiamento no sentido de assegurar recursos para a quantificação dos impactos das alterações climáticas e investigação de possíveis estratégias de adaptação. As prioridades da APA e respetivos resultados esperados, assim como os recursos disponíveis para o desenvolvimento desse trabalho, devem ser claros para toda a comunidade científica.

6 Estratégias de adaptação aos impactos das alterações climáticas nos setores utilizadores de água

6.1 Introdução

Apresentam-se neste capítulo os programas de medidas de adaptação aos impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos e nos vários sectores utilizadores de água, incluindo os ecossistemas aquáticos e as zonas costeiras. Estas medidas visam a adaptação aos impactos específicos antecipados para cada setor e complementam as medidas relacionadas com o planeamento e a gestão dos recursos hídricos. De um modo geral, a sua concretização exige o envolvimento ativo dos atores de cada setor, nomeadamente da administração pública, empresas e associações.

Através de instrumentos de política pública, a administração pública deverá desenvolver as medidas de adaptação que visem a preservação dos bens públicos e promover as condições propícias a uma dinâmica de adaptação transversal a toda a sociedade, de que se destaca a recolha, a organização e a divulgação da informação necessária à tomada de decisão por parte de entidades privadas responsáveis por atividades vulneráveis às alterações climáticas. No domínio privado, as empresas deverão planear o seu programa de adaptação no quadro das suas estratégias empresariais e de continuação de operação.

6.2 Ecossistemas aquáticos e biodiversidade

6.2.1 Introdução

As águas interiores⁴ europeias divergem do seu referencial natural desde há muito, reconhecendo-se um progressivo acentuar disfuncional no último século. As sucessivas intervenções humanas, como um uso intensivo do território e um padrão de consumo de recursos naturais não orientado para assegurar uma sustentabilidade forte, têm sido, inquestionavelmente, as forças motrizes dessa alteração de estado (Ferreira e Brito, 2009). Às perturbações na qualidade da água resultantes das rejeições de efluentes industriais e urbanos nas massas hídricas, adicionaram-se ações generalizadas de intervenção morfológica nos sistemas fluviais, alterações profundas dos regimes naturais de caudais, utilizações e aproveitamentos hidráulicos para diversos fins (consumo humano, rega, energia). Na verdade, a maior parte dos desafios com que hoje se confrontam os ecossistemas e a humanidade agravaram muitos cenários prospetivos elaborados nas décadas de setenta a noventa,

⁴ Águas interiores são entendidas, no contexto desta análise, como massas de água dulçaquícolas e superficiais.

pelo que algumas medidas então preconizadas são hoje consideradas mais evidentes e necessárias. Contudo, os cenários de variabilidade climática não foram então antecipados, pelo que também não foram as suas implicações em termos de conservação de ecossistemas aquáticos e terrestres associados.

Em paralelo, alterou-se a perspetiva de monitorização e de avaliação das pressões antropogénicas centradas nos elementos químicos dos ecossistemas. Atualmente, entende-se que a medição da qualidade e, por maioria de razão, a resposta de planeamento devem incidir primeiramente na integridade dos elementos biológicos, coadjuvados pelos elementos físicos e físico-químicos, morfológicos e hidrológicos que os suportam. Este conceito assenta no reconhecimento de que os elementos biológicos integram os processos ecológicos decorrentes e, como integradores de uma resposta multivariada e multiescalar aos cenários abióticos, incorporam as pressões humanas de carácter local, regional e global na sua matriz de resposta.

No seu conjunto, as variações previstas para o clima terão, dependendo da sua dimensão, repercussões na quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis e, conseqüentemente, nas respetivas comunidades biológicas, assim como na manutenção da sua integridade ecológica. Neste contexto, as alterações globais com origem em atividades humanas irão requerer soluções globais para serem resolvidas de forma definitiva. Ainda assim importa, aos níveis local e regional, reforçar as ações de gestão fluvial que apoiem as ações de adaptação às alterações climáticas em torno de duas linhas de orientação: i) a redução da exposição dos ecossistemas com garantia da qualidade ecológica nas suas diversas componentes, promovendo a robustez e a resiliência, e ii) o aprofundamento da avaliação dos impactos e das metodologias de monitorização da evolução de estado.

Reconhece-se que os resultados das ações de mitigação e adaptação à variabilidade climática estarão dependentes das restantes pressões (agindo essas, porventura, a escalas mais locais) bem como do investimento em soluções de mitigação dessas perturbações. Por isso, uma estratégia de adaptação às alterações climáticas para a conservação da natureza e da biodiversidade dos meios aquáticos requer o reconhecimento das suas particularidades e dependência face a outros sectores de atividade que tendem a interessar-se mais por medidas de pressão-reação baseadas, sobretudo na procura. Face à diminuição da água disponível, estes setores tem tendência a procurar medidas para ajustar a procura à quantidade de água efetivamente necessária, com potenciais implicações profundas nos ecossistemas, uma vez que o âmbito ecossistémico da adaptação climática é profundamente dependente das medidas preconizadas para os outros setores. Da mesma forma, em muitos casos, condiciona-os, uma vez que, em regra, a gestão dos recursos hídricos deve ser, de acordo com a Lei da Água, orientada para objetivos ambientais. Conseguir esta concertação de

esforços, conciliando a escassez crescente do recurso, a procura humana e a manutenção do valor dos serviços dos ecossistemas é, sem dúvida, um desafio sem precedentes para a *gestão integrada dos recursos hídricos*, em especial na região biogeográfica mediterrânica em que Portugal se insere.

6.2.2 Breve caracterização dos ecossistemas e da biodiversidade nos meios aquáticos continentais portugueses

As zonas húmidas de águas interiores incluem os ecossistemas fluviais e as massas de água fortemente modificadas e outros ecossistemas de caráter permanente ou temporário onde a componente aquática é determinante: bosques paludosos, paúis, cervunais, lameiros ou charcas. Nestes ecossistemas, a presença de água constitui o elemento condicionante do seu funcionamento ecológico, levando ao aparecimento de uma componente biológica específica. As zonas húmidas incluem o meio aquático propriamente dito e a zona ribeirinha, de transição entre o meio terrestre e o aquático, incluindo a interface entre a massa de água à superfície e as águas subterrâneas, em alguns casos determinantes dos ecossistemas à superfície. De facto, as zonas aquáticas e as suas interfaces verticais e laterais constituem um sistema de funcionamento integrado em termos ecológicos, no qual a conectividade do ciclo hidrológico, a conectividade hídrica e a conectividade da estrutura biológica são determinantes. Os ecossistemas de águas interiores são complexos, ecologicamente abertos, e profundamente interdependentes da bacia hidrográfica e das interações com os ecossistemas terrestres circundantes.

No que concerne às espécies vegetais nativas, estas apresentam riqueza elevada quando consideradas todas as preferências hídricas possíveis, desde as aquáticas estritas às que apenas requerem humidade para o seu estabelecimento. Das cerca de três mil espécies vasculares que compõem a flora portuguesa, apenas cerca de 90 contemplam hidrófitos (estritamente dependentes da água), 100 helófitos (vivendo total ou parcialmente submersas) e 600 higrófitos, ocorrendo em solos encharcados ou húmidos. Destes, 80 são espécies lenhosas associadas a meios ribeirinhos, arbóreas ou arbustivas. Num recente recenseamento de 200 locais considerados como pouco perturbados por atividades humanas, foram identificadas mais de mil espécies associados aos corredores fluviais, das quais 85% eram plantas vasculares e cerca de 150 musgos (Aguiar *et al.*, 2006). Porém, cerca de metade destas espécies são terrestres, procurando refúgio momentâneo no corredor fluvial, que funciona assim como uma estrutura de abrigo térmico e higrofítico do vale mediterrâneo. Cerca de 150 espécies nativas associadas a corredores fluviais apresentam algum tipo de interesse conservacionista pela sua raridade, endemidade ou fatores de ameaça. No entanto, a riqueza em espécies endémica é de expressão reduzida (cerca de 4,1 %) em relação ao total de *taxa* recenseados (Aguiar *et al.*, 2006). Da flora briofítica, apenas se recensearam dois briófitos endémicos europeus, as espécies *Racomitrium hespericum* Sérgio Muñoz e *Ochyrae Didymodon bistratosus*

Hebr. & R. B. Pierrot. Há em Portugal cerca de 130 espécies vegetais exóticas associadas a sistemas dulçaquícolas (oriundas de outras regiões geográficas) com caráter subespontâneo (crescendo e reproduzindo-se fora da sua área de distribuição natural, sem intervenção humana), nove das quais consideradas invasoras. As principais espécies invasoras em meios aquáticos e ribeirinhos portugueses são aquáticas (macroalgas, jacinto-aquático, pinheirinha-de-água e azola), emergentes (escalracho, canas e, em certas situações, caniço e tabúas) e ribeirinhas (acácias e piteirão), sendo as aquáticas eminentemente tropicais. Foram recenseadas cento e trinta e oito associações de vegetação em meio aquático em Portugal, incluindo: as dominadas por elementos arbóreos, como os olmedos, freixiais, choupais, amiais e salgueirais; as dominadas por carvalhais de carvalho-cerquinho, azeredos, buxais e vidoais, mais raras; e as dominadas por espécies arbustivas: loendrais, tamargais, tamujais e urzais, típicas de zonas Mediterrâneas. Existem 31 *habitats* aquáticos e ribeirinhos com estatuto de proteção *senso* pela Diretiva *Habitats* 92/43/CEE, e respetivas associações fitossociológicas. O mapeamento destas formações-*habitat* é ainda muito incompleto, bem como a quantificação das suas exigências ecológicas, pelo que as tendências de expansão, contração ou migração são difíceis de prever. Uma parte substancial das galerias ribeirinhas portuguesas revela perda de integridade estrutural, diminuição da largura original e desaparecimento, ou fragmentação do coberto natural, fruto de uma atuação humana milenar, acentuada pela ausência de regras eficazes de ordenamento do território sobre estas formações. Na avaliação realizada no âmbito do Plano Nacional da Água, em 2001, em cerca de 17 000 km de galerias ribeirinhas cartografadas, apenas 7500 km apresentaram galeria bem desenvolvida nas duas margens (Moreira *et al.*, 2002). Em Portugal, existem cerca de 40 bosques paludosos de três tipos principais: salgueirais, amiais e vidoais. Trata-se de formações vegetais únicas, dominadas por um estrato arbóreo, geralmente instaladas nas zonas de planície e associadas a níveis freáticos pouco profundos e a aquíferos aluvionares, que mantêm condições de alagamento grande parte do ano. Pela sua dependência à superfície freática e condições de encharcamento constituirão, provavelmente, uma das melhores sentinelas vegetais da vulnerabilidade climática.

A fauna piscícola de águas interiores inclui atualmente 42 espécies, das quais 13 são exóticas e nove são espécies diádromas (que frequentam meios marinhos e de águas interiores, em diferentes partes do seu ciclo de vida). As restantes são estritamente dulciaquícolas. O salmão tem nos rios das bacias do Minho e Lima o limite da sua distribuição térmica (potencialmente configurando a sua distribuição como uma orientação para as alterações climáticas). Nas outras espécies migradoras incluem-se a lampreia marinha, sável, savelha, enguia, peixe-rei e duas espécies de tainhas. As populações da truta marisca, outrora abundantes no litoral Atlântico, parecem ter desaparecido. O esturção considera-se regionalmente extinto embora subsiste todos os grandes rios de Portugal continental. A

família com o maior número de representantes dulçaquícolas é a *Cyprinidae*, com mais de 20 espécies, incluindo espécies endémicas ou de populações restritas. O isolamento paleogeológico da Península Ibérica, a uma rede fluvial com orientação predominante para este ou oeste e a sistemas fluviais com tendência a confinamentos hídricos por períodos prolongados, promove uma variabilidade genética grande. Em consequência, o número de espécies é regionalmente elevado, com grande número de endemismos (espécies exclusivas de dada região) embora tendencialmente pequeno por local de rio. Por outro lado, muitas das espécies nativas apresentam distribuições confinadas a áreas hídricas limitadas, como por exemplo, uma bacia hidrográfica, tornando mais difícil a sua adaptação às alterações climáticas.

Para além de algumas espécies introduzidas há bastante tempo, como a carpa comum asiática, a segunda metade do século XX caracterizou-se por um crescendo no aparecimento de espécies exóticas, a maior parte delas provenientes de zonas climáticas quentes, configurando portanto maior adaptabilidade ao futuro cenário térmico. De uma forma geral, a restante fauna animal apresenta as mesmas características de especificidade mediterrânea.

Os ecossistemas aquáticos e húmidos possuem espécies associadas de anfíbios, répteis e mamíferos, com diferentes graus de dependência da água e da faixa ripária envolvente, como fonte de alimento, local de descanso temporário ou permanente (espécies residentes), local de reprodução ou de proteção contra predadores. Todas as 17 espécies de anfíbios existentes em Portugal são muito dependentes da água, uma vez que aí decorre o seu desenvolvimento larvar. Relativamente aos répteis, cinco espécies estão associadas ao meio aquático. Um total de 83 espécies de aves são consideradas associadas ao meio aquático (55 muito dependentes e 28 dependentes/preferenciais) e 26 espécies de mamíferos (cinco muito dependentes da água e 21 menos dependentes/preferenciais; Moreira *et al.*, 2002).

Com base em características climáticas e hidrogeomorfológicas regionais, e confronto final com a variação biológica identificada por recolhas locais, é possível distinguir quatro ecorregiões aquáticas em Portugal: a região montanhosa, correspondente a zonas de maior altitude do centro e norte do país; a região norte, correspondente a rios da região a norte da bacia do Tejo, a região sul, correspondente a rios da bacia do Tejo e a sul desta, e a região litoral, constituída por pequenas bacias litorais da faixa atlântica. Sub-regionalmente, estas eco-regiões são divisíveis em 12 tipos fluviais (um montanhoso, cinco na região norte, cinco na região sul e um litoral), aos quais se acrescentam três tipos correspondentes aos cursos principais de grandes rios (Douro, Tejo e Guadiana). INAG (2008) descreve os enquadramentos climático, de regime hídrico, geomorfológico e habitacional de cada uma destas ecorregiões aquáticas, bem como as várias comunidades biológicas que as caracterizam. Também para albufeiras foi realizado o mesmo exercício, existindo três tipos: as

albufeiras de tipo Norte, de tipo Sul e dos Cursos Principais. Estes tipos encontram-se mapeados na rede hídrica e são utilizados como referenciais para a definição do estado ecológico das massas de água e sua monitorização.

6.2.3 Impactos das alterações climáticas medidos pela água nos ecossistemas e na biodiversidade

Em termos gerais, a força motriz induzida pela variabilidade climática tende a resultar em:

1. Alteração das variações sazonais, anuais e interanuais, da temperatura, precipitação e escoamento;
2. Alterações morfológicas e dos padrões habitacionais físicos e hidráulicos;
3. Alterações do estado químico e físico-químico da água;
4. Alterações da resposta dos organismos aquáticos ao ambiente (nomeadamente das taxas de crescimento e de sobrevivência, das tolerâncias fisiológicas a fatores ambientais e de poluição, das estratégias alimentares e reprodutivas, das estratégias de competição e predatórias);
5. Variações na composição, distribuição e proporção relativa das espécies e comunidades aquáticas;
6. Alterações do grau de biodiversidade organísmica, comunitária e funcional.

Os fatores de alteração, enquanto pressões (pontos 1, 2 e 3) e respostas biológicas (pontos 4, 5 e 6), são, em grande parte, semelhantes a outras pressões humanas já em curso, de caráter local ou regional. Por outro lado, as pressões são sequenciadas e interdependentes, ou seja, as alterações de estado (elementos térmicos, hidrológicos, físicos e químicos) resultam em alterações fisiológicas e habitacionais e, por conseguinte, em variações no metabolismo aquático e na biodiversidade. A Figura 6 procura sistematizar a sequência de impactes produzidos pelas alterações climáticas nos ecossistemas das águas interiores.

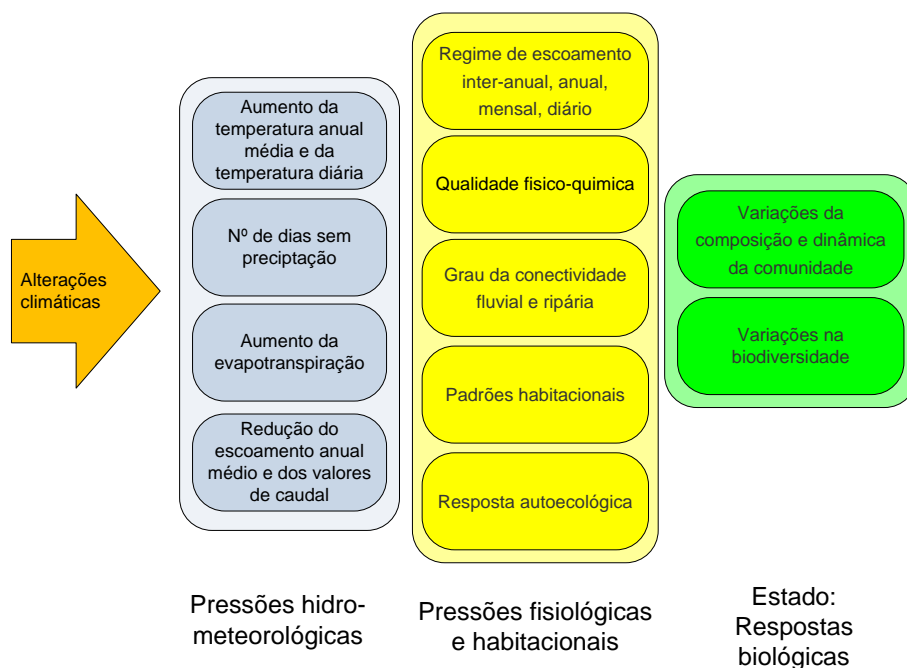


Figura 6 – Efeitos das alterações climáticas em ecossistemas de águas interiores

Os efeitos auto-ecológicos da subida da temperatura podem dividir-se, portanto, em duas linhas de acontecimentos:

- Alteração dos períodos de atividade biológica (diários e anuais) e da intensidade das funções vitais (alimentação, crescimento e reprodução), verificando-se um aumento geral da atividade das espécies mediterrâneas ou de zonas mais quentes, caracterizadas por tolerâncias térmicas grandes (muito embora os seus limites de tolerância possam nalguns casos ser pouco conhecidos), e uma diminuição generalizada das espécies de tolerâncias térmicas mais limitadas (das quais o exemplo mais evidente será a truta de rio *Salmo trutta fario*);
- Intensificação do metabolismo aquático, nomeadamente um acréscimo da mobilização de nutrientes e das taxas de produtividade primária. Neste caso, ocorrerão ineficiências na transferência do material produzido, ao longo das cadeias alimentares, assim como um aumento das taxas de decomposição microbiana e do processamento da matéria orgânica morta.

No tocante à intensificação do metabolismo aquático, as alterações térmicas ampliam os problemas ambientais eventualmente já existentes. Em especial, podem ser antecipados os seguintes fenómenos:

- Aumento do número de massas de água sujeitas a intensificação de processos de eutrofização, eventualmente como desenvolvimento de processos de anoxia e a extensão dos respetivos períodos anuais, potenciando a solubilização de nutrientes a partir dos sedimentos e, verificando-se condições anaeróbias, processos de biometanização;

- Aumento da turvação orgânica e dos sólidos finos suspensos e depositados;
- Aumento da mobilização dos nutrientes inorgânicos de ferro e enxofre, suspensos ou presentes nos sedimentos, com a sua incorporação nas circulação das cadeias tróficas;
- Aumento dos crescimentos intensos de produtores primários, plantas e algas, eventuais problemas de produção de toxinas e acumulação de biomassas e, em consequência;
- Aumento da inopacidade química ambiental, levando a um aumento do risco para a saúde pública e quadros patológicos associados a uma mortalidade significativa.

O período de estratificação térmica em meios lênticos que, neste momento ocorre entre maio e outubro, será prolongado, com tendência para a polimixia em situações de precipitações intensas e de curta duração, sobretudo no outono e inverno. Ao aumento da temperatura e, na ausência de outras condições não limitantes, as cinéticas de produção e degradação de matéria orgânica no ambiente aquático responderão de igual modo, revelando-se cenários futuros diversos de qualidade da água (Martins *et al.*, 2008). Se os níveis de nutrientes se mantiverem altos ou aumentarem, poderão ocorrer a manifestação dos efeitos de eutrofização ao longo de todo o ano (e não apenas no verão) com, nomeadamente, o crescimento excessivo dos bancos de vegetação onde as condições de *habitat* e de formas de vida o favoreçam (espécies emergentes em zonas pouco profundas, espécies flutuantes em albufeiras e zonas profundas) e a crescente abundância de fitoplâncton, com os efeitos nefastos em termos de qualidade de água. Quer o processamento de matéria orgânica, quer uma maior produção/acumulação de biomassa no ambiente aquático, induzirão, com maior frequência, condições hipóxicas ou anóxicas. A variabilidade no oxigénio dissolvido deixará de resultar, sobretudo, da evolução natural sazonal e, ao invés, será determinada por processos locais claramente nocivos para os ciclos de vida de uma parte das espécies aquáticas. Assim, todas as medidas e ações, atuais ou futuras, conducentes ao controlo ou à regressão do estado trófico das massas de água, nomeadamente de albufeiras, contribuirão para diminuir as consequências devidas à variação térmica global. Em termos de reversão de estados de equilíbrios disfuncionais, não pode ser ignorado que os fenómenos de histerese tenderão a refrear o respetivo sucesso, sendo um fator marcante o caso da reversão de sistemas hipertróficos dada a interação biogeoquímica entre a massa de água e os sedimentos (Ribeiro *et al.*, 2008).

Não há, porém, forma de evitar a expansão ou contração dos períodos de atividade anual das espécies e a alteração dos ciclos biológicos anuais, atuando sobre as respetivas estruturas evolutivas, com consequências a nível da dinâmica de populações, nomeadamente na sobrevivência às novas condições de inverno com temperaturas mais amenas ou mortalidade durante o verão devido à escassez de água e diminuição do volume dos meios hídricos. A resposta às variações térmicas pode, por seu turno, ser favorável em termos biológicos (por exemplo, sobrevivência de alguns insetos

vetores de doenças) ou desfavorável (por exemplo, no insucesso das desovas de truta de rio) consoante as características de cada espécie.

Os impactos nos ecossistemas associados à variação térmica não podem dissociar-se dos relacionados com as variações hidrológicas e consequente disponibilidade hídrica existente no sistema fluvial. Os estudos realizados antecipam um aumento da variabilidade do regime de precipitação, acompanhado por um pequeno aumento da precipitação anual nas bacias do litoral norte e por uma redução das restantes áreas do país. Este cenário conduzirá a um aumento da variabilidade do regime de escoamento, a uma redução dos caudais gerados e a uma quebra progressiva do escoamento anual. Uma diminuição do caudal afluente da parte espanhola das bacias fluviais acentuará, concomitantemente, a redução da quantidade de água disponível nos sistemas portugueses. No caso dos anfíbios, por exemplo, a diminuição da precipitação pode ter consequências diretas graves (Araújo *et al.*, 2006), a que se adicionam as resultantes da redução da disponibilidade da água devido a efeitos secundários.

Todas as simulações efetuadas convergem para indiciar um verão mais longo e seco, embora o caudal anual possa ser compensado pela precipitação de inverno, com uma tendência para a ocorrência de eventos extremos nesta estação, provavelmente mais fortes nas regiões a norte. Apontam, ainda, para um aumento das assimetrias espaciais e temporais da água disponível e, consequentemente, uma maior dificuldade da distribuição e planeamento dos recursos hídricos. Alguns trabalhos estudaram a variação na distribuição das espécies face a estas alterações hídricas. Uma parte importante das espécies de anfíbios e de répteis europeias poderá expandir as suas áreas de distribuição devido às novas oportunidades de colonização de zonas mais a norte, desde que exista essa possibilidade de movimentos populacionais (Araújo *et al.*, 2006); contudo, as espécies do sudoeste europeu perderão espaço vital. Muitas espécies de anfíbios não conseguirão sobreviver quando essa perda for conjugada com a da disponibilidade hídrica. Também Boix *et al.* (2010) demonstraram que os efeitos hidrológicos eram determinantes da variabilidade biológica em situações de seca extensiva, sendo amplificados estes efeitos pela existência de albufeiras a montante no sistema fluvial, provavelmente em razão de efeitos sinérgicos advindos de problemas de eutrofização.

Do ponto de vista das comunidades biológicas aquáticas, podem ser elencadas as seguintes consequências gerais:

- Maiores mortalidades de inverno associadas a maiores caudais mais concentrados em períodos curtos e de magnitude elevada, com rearranjos da morfologia e *habitats* do canal fluvial;

- Diminuição das desovas e dos recrutamentos anuais por encurtamento do período da primavera com caudais favoráveis, especialmente afetando as espécies iteropáricas (com grande investimento na reprodução);
- Aumento da mortalidade associada ao período hídrico desfavorável (maior competição por recursos alimentares e espaço, maior inospicidade físico-química do meio);
- Menor recolonização das zonas fluviais a partir de jusante durante uma parte maior do ano, devido à diminuição da janela temporal de conectividade longitudinal hídrica.

Nesta conformidade, as medidas de adaptação destes fenómenos deverão favorecer o maior período possível i) de caudais de primavera adequados ao recrutamento, ii) de permanência hídrica durante o verão, e iii) de conectividade hídrica na primavera e no outono e, atingir uma redução de pressões químicas. No caso da conectividade hídrica entre as massas de água nas albufeiras e a rede hídrica a montante, as flutuações de nível da água exigidas pelo consumo acrescido podem comprometer seriamente as desovas das espécies piscícolas que se realizam nos afluentes.

A afluência e a concentração de poluentes e nutrientes nos rios serão alteradas consoante as mudanças nos padrões de precipitação, transporte de sedimentos e processos de erosão, também associados às variações dos usos do solo. De um modo geral, a diminuição do caudal e as assimetrias intra-anuais tenderão a induzir o aumento da concentração de poluentes e a acentuar as respetivas consequências, especialmente nas regiões a sul. A capacidade de autodepuração do ecossistema diminuirá e, por conseguinte, a atual situação dos rios mais contaminados com matéria orgânica tenderá a piorar. De facto, a poluição química, orgânica e biológica, e seus efeitos, serão empolados pela combinação do aumento térmico e pela diminuição do escoamento. Por isso, pode afirmar-se que qualquer medida ou ação, atual ou futura, de controlo e tratamento de fontes poluentes, pontuais ou difusas, constitui um forte contributo para uma adaptação às alterações globais.

Nos períodos de seca, a capacidade de recarga, armazenamento e cedência de água dos aquíferos desempenha um papel fundamental no ecossistema, pelo fornecimento de água e humidade edáfica através das conexões verticais entre o rio, os habitats hiporreicos e a zona freática. As galerias ribeirinhas dependem funcionalmente da ligação freática e a arquitetura das raízes é tanto mais profunda e complexa quanto mais xérico for o ambiente e maiores as variações anuais do nível freático. Um maior rebaixamento estival, devido à insuficiente recarga dos aquíferos ou à maior captação de água resultante do aumento térmico, pode levar, facilmente, ao desaparecimento das galerias ribeirinhas, uma situação documentada em vales de intenso uso agrícola (Kondolf et al., 1997). De uma maneira geral, a recarga dos aquíferos segue as tendências da precipitação nas simulações prospetivas, mas existem dúvidas relativamente à forma como os aquíferos irão reagir às mudanças sazonais e inter-anuais da precipitação, sendo que, no final, tudo irá depender da sua

dimensão e capacidade para armazenar a precipitação de inverno. A ser afetada a conectividade vertical do sistema fluvial, as medidas relacionadas com a manutenção dos níveis freáticos favorecerão a manutenção das galerias ribeirinhas.

As comunidades piscícolas merecem uma preocupação especial pelo seu interesse ecológico e contribuição para a biodiversidade de rios Mediterrâneos. A maioria das espécies piscícolas nativas portuguesas é ciprinídea, em geral espécies de “águas quentes”, i.e. com *habitat* térmico no qual as temperaturas selecionadas preferidas e de crescimento ótimo são superiores a 25°C (Matthews e Manness, 1979). De facto, a única espécie piscícola continental portuguesa (excluindo o salmão, migrador anádromo,) cujo *habitat* térmico a classifica como espécie “de águas frias” (i.e. com temperaturas preferidas e de crescimento ótimo inferiores a 25°C) é a truta comum (*Salmo trutta fario*). Portugal representa, aliás, um dos limites sul da distribuição europeia da espécie, que se encontra no nosso País restrita às zonas temperadas, mais frias ou de maior altitude como, por exemplo, a Serra da Estrela⁵, sendo naturalmente ausente nas bacias do Sado, Guadiana, Mira e ribeiras do Algarve. A truta de rio é particularmente pouco tolerante ao aumento das temperaturas mínimas de inverno e de primavera, que perturbam as suas desovas mas, também, às máximas de verão, as quais limitam a sua sobrevivência. De facto, pelas suas características específicas, a truta será uma das espécies sentinela por excelência do aquecimento global em ecossistemas de águas interiores do território português.

Um dos efeitos mais óbvios do aumento global de temperatura será a expansão das áreas de distribuição das espécies de águas quentes para norte ou em altitude (nomeadamente dos ciprinídeos ibéricos nativos) e a contração do *habitat* disponível das espécies de águas frias, também para norte e para zonas mais altas (nomeadamente as ocupadas agora pela truta), à semelhança de outras zonas do mundo, como na América do Norte. Em Portugal, as consequências deste cenário serão tanto mais graves quanto as possíveis alterações na hidrologia dos sistemas tenderão a aumentar a intermitência dos troços médios (através de períodos secos mais prolongados), acrescendo, ainda, o facto das deslocações para norte ou montante serem limitadas pela pequena dimensão de muitas bacias hidrográficas (e logo o seu isolamento) e por não serem, muitas vezes, possíveis deslocações pela existência de barreiras físicas, pequenas ou grandes, sem meios de transposição ou com estruturas de passagem não funcionais. Por outro lado, muitas espécies piscícolas encontram-se taxonomicamente confinadas a uma ou poucas bacias hidrográficas, sendo questionável se deverão ser permitidos fluxos populacionais para bacias não originais, ou seja,

⁵ Um mapa atualizado de distribuição da truta de rio pode ser consultado em Pereira *et al.* (2006).

translocações. Assim, as medidas de adaptação climática neste domínio devem incluir i) a garantia da livre circulação de espécies ao longo do sistema e a possibilidade de migração das espécies mais sensíveis para montante, ii) a garantia da transponibilidade de pequenas barreiras (estruturas hidráulicas, passagens submersas, outras), quer por destruição das não funcionais, quer pelo bom funcionamento de passagens para peixes nas atualmente utilizadas, e iii) auxílio ativo nos fluxos de fuga por repovoamentos ecológicos pelo menos em bacias onde a distribuição das espécies seja original, e tendo em conta os riscos de translocações biológicas.

Um dos aspetos centrais das alterações hidrológicas produzidas pelas alterações climáticas é o aumento das secas, nomeadamente da sua frequência, intensidade e duração. As espécies de peixes dos rios com condições abióticas severas são relativamente mais resistentes a pressões térmicas e baixos teores de oxigénio dissolvido, possuindo uma maior tolerância fisiológica que as espécies de sistemas menos variáveis na disponibilidade hídrica. Todavia, tem sido comprovado que a perda prolongada, ou permanente, de caudal nas regiões áridas origina o desaparecimento de espécies embora, na realidade, pouco se saiba sobre os efeitos dos períodos de seca prolongados provocados pela influência humana. Em consequência, as previsões sobre a influência de secas mais intensas na ictiofauna portuguesa terão sempre uma base especulativa.

Uma seca apresenta efeitos diretos, entre os quais a perda de conectividade da água superficial, do *habitat* e do rio, assim como efeitos indiretos, que incluem a deterioração da qualidade da água e maior afastamento dos extremos dos parâmetros de qualidade, a alteração dos recursos alimentares disponíveis e a mudança das relações entre espécies (Lake, 2003). De acordo com alguns estudos, a recuperação biótica de secas sazonais segue sequências previsíveis, ao passo que as secas supra-sazonais (menos frequentes) podem ser caracterizadas por populações densas de espécies transitórias e, por vezes, pelo desaparecimento da biota original. Há indícios que a maioria das secas de curta duração deixa poucas marcas permanentes na ictiofauna e que a recuperação é relativamente rápida (Mathews e Marsh-Mattews, 2003). Contudo, existem lacunas de conhecimento consideráveis no que se refere aos efeitos das secas de longa duração, cuja frequência aumentará em resultado das alterações climáticas (Magalhães *et al.*, 2007).

Assim, para os ciprinídeos ibéricos de maiores dimensões (essencialmente os barbos, mas também outras espécies), que habitam os sistemas fluviais principais, as alterações na hidrologia resultarão na contração dos habitats disponíveis, sobretudo para os exemplares adultos, embora as albufeiras e pequenos represamentos possam, em parte, contrariar esta previsão. Porém, a oferta destes “novos” habitats pode não ser suficiente para contrariar o efeito do aumento da intermitência dos sistemas fluviais e, como se referiu antes, as albufeiras tenderão a tornar-se ambientes menos favoráveis para os peixes em geral, em resultado da eutrofização, de estratificações mais

prolongadas e da maior utilização da água armazenada, com o correspondente aumento da instabilidade. Por outro lado, as barreiras favorecerão a fragmentação de populações de espécies migradoras, impedindo movimentações meta-populacionais (Gotelli e Taylor, 1990). A recuperação das populações potamódromas de rios portugueses, barbos e bogas de maiores dimensões que utilizam habitats lóticos de desova localizados a montante dos troços ou albufeiras habitados pelos adultos será mais difícil, sendo mais frequentes os anos com reprodução fraca ou sem sucesso. O efeito global para estes *taxa* será negativo, resultando na contração dos nichos ecológicos e em alterações da dinâmica e estrutura populacional, estas desequilibradas e com estruturas etárias incompletas. As medidas de adaptação para estes casos devem assegurar a conectividade, não apenas para que as desovas se concretizem, mas também para favorecer a existência de massas de água de dimensão razoável onde os adultos se refugiem no resto do ano para a manutenção dos ciclos de vida.

Os pequenos ciprinídeos mediterrânicos que habitam rios de dimensão menor e com graus elevados de intermitência terão os habitats contraídos onde o efeito das secas for mais prolongado. A recuperação destas populações será demorada, podendo mesmo ser impossível a partir de um determinado limiar de intermitência. Neste caso, a utilização de pequenos açudes como refúgios térmicos de verão já existentes ou promovidos por soleiras de enrocamento pode contribuir para mitigar esse efeito. O aumento da desconectividade ao longo dos segmentos fluviais também dificultará os fluxos de recolonização a partir do rio principal. Os pequenos ciprinídeos poderão, no entanto, apresentar alguma expansão do *habitat* disponível, para norte e nas próprias bacias do sul, ao serem favorecidos pela crescente intermitência de troços que hoje apresentam caudal mais permanente.

O consumo de água por parte da sociedade será determinante para o nível de degradação dos ecossistemas e para a sinergia dos efeitos das alterações globais. No caso da agricultura, as temperaturas mais altas (especialmente quando associadas a um nível mais alto de CO₂) levarão a um aumento da produtividade vegetal e a maiores quantidades de água necessárias durante a primavera e o verão. Esta água é captada das albufeiras ou diretamente dos rios em pequenas extrações pontuais mas de grande efeito cumulativo. Por isso, um aumento avulso de estruturas hidráulicas de retenção ou extrações incontroladas no rio, contribuirão para a degradação das condições hidromorfológicas dos habitats ribeirinhos, com repercussões importantes frequentemente já evidenciadas no presente nas comunidades de peixes.

A ligação entre a disponibilidade de água e a produção alimentar constitui um fator determinante em termos de conservação dos ecossistemas aquáticos. Em consequência, a capacidade do setor agrícola em lidar com as mudanças climáticas, nomeadamente através da redução da área de algumas

culturas mais consumidoras de água e do seu uso mais eficiente será determinante para a magnitude dos efeitos das alterações dos padrões hidrológicos e, por conseguinte, para condicionar os ecossistemas aquáticos. Não apenas por esse facto, mas certamente devido a princípios de racionalidade e equidade no uso dos recursos hídricos, os atuais instrumentos económicos da política da água em Portugal, assim como ao nível europeu (Richter *et al.*, 2003), tendem a proteger o ambiente aquático pela incorporação de taxas de utilização e a internalizar os custos indiretos no preço da água, fomentando um uso mais racional. Contudo, se as atividades e as políticas agrícolas não mudarem, a tendência é para uma maior necessidade de água para a agricultura, geralmente conseguida por via do armazenamento e de transferências de água. Haverá uma tendência (pressão) para se procurar construir represas ao longo de muitos sistemas fluviais para o armazenamento de água a curto prazo, bem como pontos múltiplos de extração de água. A conectividade longitudinal do sistema fluvial tornar-se-á, assim, mais limitada e a inopacidade química mais acentuada, somando-se às alterações globais propriamente ditas. A adaptação dos ecossistemas aquáticos passará, portanto, pela otimização dos usos, nomeadamente os agrícolas enquanto grandes consumidores de água.

O Quadro 9 apresenta uma síntese de impactos primários e secundários potenciais das alterações climáticas, integrando os expostos nesta secção relativamente aos ecossistemas dulciaquícolas. Consideram-se *impactos primários* aqueles que advêm dos efeitos diretos das alterações climáticas sobre o biota e funcionamento do meio aquático, por exemplo, o aumento das taxas metabólicas ou a diminuição da disponibilidade hídrica e consideram-se *impactos secundários* os que provocam perturbações no biota e nas interações ecológicas em resposta a alterações na quantidade e qualidade do meio hídrico disponível resultantes das próprias adaptações das sociedades humanas às alterações climáticas (COM, 2009).

Quadro 9 - Impactos primários e secundários potenciais das alterações climáticas

Impactos primários das alterações climáticas nos ecossistemas dulçaquícolas	
Alterações hidrológicas e hidromorfológicas	Alterações dos regimes de caudais naturais, níveis lacustres e tempos de retenção; perdas de conectividade hídrica em zonas de maior declive, ao longo dos segmentos fluviais; modificações a longo prazo do regime dos padrões de transporte, sedimentação e de erosão, com alterações morfológicas nos leitos; alterações nos processos geomorfológicos determinantes da diversidade habitacional; alterações na recarga de aquíferos.
Alterações físico-químicas	Alterações na temperatura da água e oxigénio dissolvido; diminuição da capacidade de diluição do meio recetor; aumento da erosão e da poluição difusa; lavagens mais frequente de fontes poluentes pontuais; remobilização potencial de nutrientes e contaminantes presentes nos sedimentos e solos; fotoativação de tóxicos; aumento das ocasiões em que os limites das classes da qualidade da água são ultrapassados; intrusão marinha em aquíferos costeiros.
Alterações biológicas e ecológicas	Alteração nas taxas metabólicas dos organismos; alterações na produtividade e biodiversidade dos ecossistemas; alteração na distribuição regional das espécies animais e vegetais; alterações dos corredores naturais de dispersão das espécies piscícolas e dos padrões de migração; aumento dos efeitos da eutrofização e desenvolvimento de cianobactérias e produção de toxinas; alterações na composição da flora e fauna aquáticas, incluindo nos locais de referência; alteração na distribuição das espécies e <i>habitats</i> protegidos e designados; maior rapidez de declínio dos indicadores fecais e patogénicos; aumento da atividade microbiológica; declínio das comunidades dependentes dos níveis freáticos.
Impactos secundários das alterações climáticas nos ecossistemas dulçaquícolas	
Aumento do esforço de controlo de situações extremas	Aumento da intrusão salina por sobreexploração de aquíferos; alterações da morfologia fluvial e perfis, nomeadamente compartimentação, linearização e artificialização dos leitos.
Aumento da capacidade nominal de reserva de água	Esforço extremo de regulação de caudais; transferências de água entre bacias; alterações térmicas e químicas da água; alterações dos <i>habitats</i> fluviais e aumento do efeito barreira para os peixes.
Maior variabilidade da produção hidroelétrica	Aumento do volume das albufeiras; aumento da evaporação; alterações nos regimes naturais de caudais e das estruturas habitacionais disponíveis dos leitos, com aumento dos segmentos fluviais afetados por hidróticos.
Aumento da produção agrícola para biocombustíveis	Problemas de qualidade da água derivadas de práticas agrícolas mais intensas (maior uso de fertilizantes e de pesticidas); modificação de culturas tradicionais; expansão de áreas de regadio para áreas presentemente extensivas; no caso de reciclagem da água, aumento das concentrações de poluentes persistentes; introdução de OGM.
Aumento do regime de fogos e incêndios	Necessidade de maior número de reservatórios superficiais no território; aumento da erosão com aumento de sólidos suspensos e matéria orgânica natural; aumento da exportação de carbono orgânico, sedimentos e tóxicos.
Aumento das estações de crescimento vegetal	Alterações nos padrões de culturas agrícolas; aumento dos pesticidas e fertilizantes; aumento dos escoamentos e da sua periodicidade; aumento da procura de água para rega; aumento da biomassa colhida; aumento das necessidades de controlo de vegetação invasora nas massas de água.
Remoção de obstáculos para garantir a conectividade fluvial e manutenção da disponibilidade hídrica	Aumento de movimentos expansionistas de espécies invasivas; aumento das necessidades de controlo de vegetação e populações animais invasoras nas massas de água.

6.2.4 Adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água nos ecossistemas e na biodiversidade

Os impactos mais significativos das alterações climáticas nos recursos hídricos serão exercidos por diferentes níveis de pressão, temperatura, qualidade da água, regimes de caudais, recarga de

aquíferos, frequência e intensidade de cheias e secas, intrusões salinas, alterações dos padrões de sedimentação e de erosão. Esta situação provocará impactos nos ecossistemas e na biodiversidade, com uma perda de espécies, *habitats*, zonas húmidas, alterações nos limites das ecorregiões, com deslocação da distribuição para norte e em altitude (T-PVS/Ind, 2009), e o aumento do padrão de invasibilidade por espécies exóticas, sobretudo de origem tropical.

Não é possível prever com exatidão a magnitude das alterações climáticas, pelo que as adaptações possíveis para os ecossistemas aquáticos terão de ser construídas sobre incerteza e as medidas terão de ter flexibilidade, criar sinergias e integrar-se com outras ações de planeamento da gestão de recursos hídricos. Assim, a dinâmica das alterações climáticas e os modelos não lineares de resposta dos ecossistemas obrigam a convergir para uma metodologia de controlo adaptativo dos recursos hídricos, em especial no domínio das águas interiores. Essa abordagem não é um exercício único, nem tão pouco deve ser confundido com um processo reativo de tentativa e erro. A gestão adaptativa requer que se assegure o *identificador* apropriado, ou seja, a monitorização, bem como o *controlador adaptativo*, ou seja, os programas de medidas definidos nos planos de gestão de bacia hidrográfica. O cronograma da gestão adaptativa também não é aleatório, está bem definido nos ciclos de seis anos para a elaboração dos sucessivos planos da gestão de recursos hídricos, pelo que importa adotar ferramentas apropriadas de cenarização para a tomada de decisão (Martins *et al.*, 2008).

Na elaboração dos planos de gestão de recursos hídricos, assim como em outros planos sectoriais, a capacidade de resistir, adaptar-se ou recuperar das alterações climáticas deve ser construída com base, sobretudo, em opções *win-win*, almejando minimizar os riscos e explorar oportunidades.

Por outro lado, a adaptação às alterações climáticas deve ser uma atividade multi-setorial, de forma a evitar conflitos entre setores, minimizando contrapartidas negativas intersetoriais (*trade-offs*). O Quadro 9 resume as alterações primárias e secundárias das alterações climáticas nos ecossistemas aquáticos. Note-se que as alterações primárias são difíceis de separar das pressões atuais e de quantificar a curto e médio prazo, referindo-se a efeitos diretos como o aumento da produtividade vegetal; as secundárias, por seu turno, consistem nas alterações dos ecossistemas e da biodiversidade provocadas pelas próprias adaptações da sociedade humana às alterações climáticas. Exemplos comuns de adaptações propostas para responder às alterações climáticas são o recurso ao aumento da extração de águas subterrâneas após sinais de aviso de situação de seca (mas reduzindo-se o nível freático) ou a construção de barragens para controlo de cheias e reservatórios de água (alteração dos caudais a jusante, emissão de gases com efeito de estufa, perdas por evaporação), cujas pressões ambientais têm de ser acauteladas (e.g. escolha de culturas menos consumidoras de água, uso eficiente e utilização de reservatórios com fins múltiplos, assegurando a dimensão mínima

necessária, com a implementação de regimes de caudais ecológicos e a adoção de contrapartidas ambientais realmente focadas).

Os planos de gestão de bacia hidrográfica devem, na sua formulação, analisar e coordenar as ações que possam ter resultados contraditórios, designadamente a conservação da biodiversidade *versus* os aproveitamentos hidráulicos. No limite, os casos de adaptação às alterações climáticas podem invocar o artigo 4.7 da Diretiva-Quadro da Água (DQA) que admite a possibilidade de não cumprimento do bom estado ecológico quando uma alteração física da massa de água oferece mais benefícios ambientais do que os custos de restauro ambiental. Ainda que se ambicione procurar minorar os efeitos das alterações climáticas, deve-se ponderar/restringir as medidas de adaptação climática que sejam negativas para os ecossistemas.

Tradicionalmente, as ações de recuperação na área da conservação são baseadas na espécie ou *habitats* individuais que, por uma ou outra razão, se julgam ameaçados. Porém, muitos autores vêm defendendo que os esforços de conservação devem ser centrados na recuperação das funções ecossistémicas e de níveis superiores de organização biológica como ecossistemas e comunidades (Woodward *et al.*, 2010) e nas ligações destes com os níveis de organização inferior, espécies e populações. Moss *et al.* (2009) questionam a possibilidade de continuar a ser realizadas ações de conservação baseadas nas espécies individuais no que toca à mitigação de alterações climáticas, propondo que, quer a previsão das alterações ecológicas quer o planeamento de restauro, sejam feitos tendo por base quatro unidades ecossistémicas: (i) rios de fácies erosivo; ii) rios de fácies deposicional; iii) zonas alagadas/ lagos de baixa profundidade; e iv) lagos profundos), para as três regiões aquáticas fundamentais europeias (Boreal, Central e Mediterrânea). Por exemplo, na região Centro-Europeia, Buisson e Grenouillet (2009) predizem um aumento da riqueza em espécies de peixes e grandes alterações comunitárias apenas em cursos superiores e médios, concluindo que as rotas de colonização serão determinantes da diferenciação das comunidades. Esta perspetiva regional e funcional deveria, na nossa opinião, nortear todo o espírito de adaptação às alterações climáticas.

As adaptações primárias referem-se a medidas conducentes a aumentar a resiliência dos ecossistemas aquáticos. Entre estas, refira-se a promoção ou o restauro de zonas húmidas, pois estas podem servir de acumuladores hídricos e possuem um efeito amortecedor de eventos extremos, promovendo a melhoria geral do balanço de água, incluindo formas de micro-recolha e micro-acumulação de água (e.g. *jardins de inverno* e pequenas soleiras de controlo de erosão, para retenção da humidade e de sedimentos). Outras medidas de adaptação primárias consistem na reposição, por todas as formas possíveis, da conectividade hídrica, entre o rio e o leito de cheia, bem como entre o rio e os níveis freáticos ou entre as cabeceiras e o vale. Desta forma, cria-se uma rede

natural de conexões hídricas que garante o bom funcionamento e manutenção de processos ecológicos naturais e aumenta a resiliência dos ecossistemas às variações da quantidade da água e outras pressões. Outra tipologia positiva de medidas de adaptação são aquelas em que a sua implementação acarretará, inquestionavelmente e para sempre, benefícios (*no-regret*). Entre essas medidas, encontra-se a promoção da melhor gestão de água e minimização da procura, a não ocupação urbana em zonas de cheias com períodos de retorno centenários (como previsto, aliás, na Lei da Água), a promoção de territórios com diversidade ecossistémica, ocupados por mosaicos não contínuos de atividades humanas entrelaçados em floresta natural e vegetação natural, ou as medidas de incentivo económico a culturas menos consumidoras de água e mais tolerantes à seca.

É de salientar que todos os elementos incluídos na definição de estado ecológico, no sentido do termo adotado pela DQA, são sensíveis às alterações climáticas: disponibilidade da água (regimes naturais de caudais fluviais e níveis freáticos), procura da água (incluindo a que ocorre durante as secas), intensidade e frequência dos eventos extremos (cheias ou secas), qualidade da água (temperatura, salinidade, nutrientes, concentrações de contaminantes, quantidade de sedimentos, qualidade das águas subterrâneas), e qualidade dos ecossistemas e estruturas de suporte. Separar as alterações climáticas dos impactos decorrentes das pressões humanas é muito difícil mas, da mesma forma, tudo o que promova a implementação dos objetivos ambientais e a sustentabilidade do uso da água através do controlo das pressões humanas, favorecerá a adaptação dos ecossistemas às modificações globais.

De uma forma geral, é de esperar uma coerência de resposta das componentes físicas do ecossistema às alterações climáticas, uma menor coerência e certezas da parte química (processos de eutrofização, balanço do oxigénio, quantidade de sólidos suspensos e depositados, quantidade de emissão de gases com efeito de estufa), e uma franca imprevisibilidade na componente biológica, devido à multiplicidade de interações ambientais envolvidas (EC, 2009). É, por isso, necessário reduzir e quantificar estes níveis de incerteza, que provêm (1) do conhecimento incompleto do funcionamento dos ecossistemas, (2) da própria variabilidade ecológica natural, (3) da influência de efeitos de outras pressões, agindo a diferentes níveis, e, finalmente, (4) das alterações climáticas.

A única possibilidade de calibrar modelos e reduzir a incerteza dos cenários consiste em desenvolver uma rede de monitorização de longo prazo em locais minimamente perturbados, de forma a identificar e isolar os sinais de alterações climáticas e encontrar indicadores adequados para quantificar os impactos na qualidade da água e na classificação do estado ecológico, na quantidade da água (distribuição temporal e espacial), na remobilização de nutrientes e poluentes químicos e microbiológicos, bem como na avaliação do resultado efetivo das medidas de adaptação (JRC, 2005). A monitorização permitirá, igualmente, realizar a avaliação da coerência e permanência das

tipologias de massas de água utilizadas na DQA e dos descritores das condições de referência, sobre os quais assenta toda a classificação do estado ecológico e a comparabilidade (ou intercalibração) de resultados entre os países da União Europeia. A serem confirmadas as variações climáticas previstas, estes resultados terão de ser revistos, nomeadamente nas áreas de fronteira entre tipos de massas de água de zonas mais quentes e mais frias. Os 15 tipos atuais de massas de água localizados em ecossistemas fluviais (e os três tipos em massas de água albufeiras) devem passar de uma aproximação determinística (utilizada no presente) para uma aproximação probabilística (a utilizar no futuro), incorporando os níveis naturais de incerteza e aumentando ou padronizando as janelas de monitorização.

Estas são as principais razões que aconselham a ser imediatamente implementada a designada monitorização LTER (*long-term ecological research*), a nível nacional e pan-Europeu ou, pelo menos, ibérico, focada em sítios pouco intervencionados e vocacionada para a deteção de alterações utilizando espécies, habitats e ecossistemas sentinela mais sensíveis (*climatic hotspots*). A base de dados desta monitorização deverá incluir diferentes aspetos e funções do ecossistema (e.g. hidrológico, sedimentar, físico-químico, biológico, capacidade de campo, níveis piezométricos). Um observatório deste tipo para as espécies mais sensíveis/dependentes da temperatura e a monitorização das suas populações, permitiria também, a longo prazo, avaliar o efeito “puro” das alterações climáticas e distinguir entre variações naturais (e.g. secas naturais) e as relacionadas com as alterações globais.

Finalmente, é de notar que se verifica uma correlação positiva entre as alterações climáticas e a distribuição e abundância de doenças com vetores aquáticos ou veiculadas pela água, ou seja, com a saúde pública. Existe, por isso, a necessidade de generalizar métodos moleculares para a deteção rápida de agentes infecciosos e um novo grupo de modelos combinando alterações climáticas, epidemiologia e comportamentos humanos. Também aqui é importante o papel do reforço do conhecimento e da monitorização de doenças associadas ao meio aquático (por exemplo, cólera, leptospirose, schistosomíase, giardiose, criptosporidose, vírus entéricos, campilobacterioses, salmoneloses, hepatites, malária, oncocercoses, arbovirus) e o desenvolvimento dos correspondentes planos de contingência.

6.2.5 Programas de medidas de adaptação relacionadas com os ecossistemas e a biodiversidade

No quadro das ações de proteção do *estado* (ecológico) das massas de águas interiores importa definir uma estratégia coerente e direcionada para assegurar o objetivo estratégico de “*Procurar adaptar os ecossistemas aquáticos de águas doces e terrestres associados aos impactos da variabilidade climática*”. Na perspetiva de serem contributivos para a resiliência dos ecossistemas e

da sua biodiversidade natural, são propostos três programas de *respostas* contendo, no seu conjunto, nove medidas. Este esforço metodológico deve ser perspectivado apenas como isso, como um contributo estruturado para a definição de um programa de medidas a integrar em instrumentos normativos setoriais com âmbito e detalhe adequados, isto é, ao nível dos planos de gestão de bacia hidrográfica ou de planos específicos de gestão das águas.

Programa 1. Proteção e melhoria da qualidade físico-química, da qualidade biológica e da biodiversidade das massas de água.

Medida EB 1.1 - Apoio à capacidade adaptativa das espécies sensíveis às alterações climáticas e aos seus habitats, através de um conjunto de ações, como, a realocação de populações e a promoção de migrações assistidas (tendo em atenção as consequências ecológicas secundárias), a cultura em cativeiro, o repovoamento ecológico de espécies com populações debilitadas, o armazenamento de material genético *ex-situ* e a criação de barreiras migratórias em situações de prevenção do influxo de espécies invasivas (Rahel *et al.*, 2008);

Medida EB 1.2 - Restauro dos habitats danificados, incluindo das zonas ripárias e alagados marginais para repor habitats originais e conferir oportunidades territoriais às espécies e reduzir o *stress* de procura de *habitats* de recurso. Prevê-se ainda o restauro de *habitats* fragmentados, poluídos ou alterados e ações para manter e recuperar a diversidade morfológica e habitacional dos leitos, margens e zonas adjacentes para promover a diversidade natural e a redundância biológica funcional.

Medida EB 1.3 - Manutenção e restauro dos processos e funções globais dos ecossistemas para assegurar a interação da rede hidrográfica e das zonas húmidas associadas, potenciar a capacidade da bacia hidrográfica em amortecer hidrogramas de cheia e promover a infiltração em zonas de recarga de aquíferos. Esta medida visa também reduzir a erosão do solo e a lixiviação de elementos químicos indesejáveis e potenciar a depuração biológica dos contaminantes. Em síntese, pretende-se delimitar e promover a gestão ecológica integrada do *território fluvial*⁶ e reestabelecer os processos vitais do sistema fluvial, nomeadamente o regime hídrico.

Medida EB 1.4 - Promoção da eficácia da gestão da água e do uso dos recursos biológicos, incluindo o controlo da poluição pontual das cargas orgânicas e outros contaminantes, a aplicação de códigos e práticas de uso e gestão de habitats terrestres para minimização de poluição difusa (e.g. interposição

⁶ O território fluvial (ou *espace vital du fleuve*) é a banda geomorfológica ecologicamente activa de máxima complexidade e eficiência do sistema fluvial natural, cuja largura depende das cheias mais frequentes. Deve ser, ampla, contínua, inundável, erosionável, não estrangida, não urbanizável, adaptando-se à mobilidade das condições naturais de cada segmento fluvial (op.cit. Alfredo Ollero, Universidade de Zaragoza).

de bio-barreiras nas zonas adjacentes ao sistema fluvial), implementar a regressão da eutrofização nas albufeiras por medidas internas (na massa de água) e externas (ao nível da bacia hidrográfica); aumento da eficiência do uso da água, nomeadamente alterando as práticas agrícolas, industriais e urbanísticas, promover a gestão da água em articulação com o ordenamento do território; articular e/ou restringir o uso de recursos piscícolas e atividades piscatórias com as tendências de evolução populacional face às alterações climáticas.

Programa 2. Proteção e melhoria da integridade hidrológica e hidromorfológica

Medida EB 2.1- Gestão integrada do conjunto de obstáculos existente em cada rede hídrica, determinando o grau de (in)transponibilidade de cada obstáculo e identificando os obstáculos intransponíveis. Pretende-se também destruir o maior número possível de obstáculos intransponíveis quando obsoletos ou abandonados e, em todos os outros, construir passagens para peixes (se exequível), tornar as passagens para peixes já existentes funcionais, garantir a possibilidade de migração de juvenis para jusante, por exemplo, com implementação de sistemas transponíveis em aproveitamentos hidroelétricos, repor a conectividade hídrica em corredores e braços fluviais desativados.

Medida EB 2.2 - Redução da fragmentação hídrica e manutenção dos caudais ambientais. Esta medida visa garantir a conectividade hídrica da rede hidrográfica lateral, longitudinal e vertical, por forma a permitir o livre movimento de materiais e espécies, nomeadamente impondo regimes de caudais ecológicos adequados, com variações miméticas das naturais, incluindo caudais inverniais para arrastamento de materiais depositados e rejuvenescimento do sistema ecológico e manutenção operacional das comunidades biológicas nativas Mediterrâneas, mantendo a meta-estabilidade típica dos sistemas fluviais com bom funcionamento (Poff et al., 1997);

Medida EB 2.3 - Redução do stress climático e dos eventuais impactos primários e secundários, resultantes de medidas de adaptação previstas para outros setores.: Esta medida contempla o afeiçoar de pequenas soleiras de enrocamento submersas em zonas estratégicas dos leitos nas zonas médias dos rios, de forma a promover as desovas de primavera e contribuir para manter a água nos meses de verão, mantendo livres movimentos de primavera e outono. Inclui também a criação de pequenos açudes transponíveis para atuarem como refúgios térmicos e hídricos (ou identificação e manutenção dos já existentes), na zona de fronteira da distribuição da truta de rio (Magoulik *et al.*, 2003), a construção de açudes transponíveis ou submersos em braços dos afluentes às albufeiras que garantam um nível permanente da água apesar da oscilação dos níveis (com especial atenção aos desníveis extremos em anos de seca) e garantir que a construção de albufeiras em cascata não limite as aflúncias inter-albufeiras (designadamente em épocas de estiagem).

Programa 3. Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Medida EB 3.1 - Implementação de uma monitorização de longo prazo através da seleção e manutenção de uma rede de locais de monitorização de longo prazo, (Mathews e Marsh-Mathews, 2003), com recolha de dados informativos abióticos, biológicos e funcionais para servir de sentinelas climáticas e, ainda, de um conjunto de locais minimamente perturbados para os 15 tipos de ecossistemas fluviais identificados em Portugal, representando condições de referência. Esta medida contempla também o estudo da incerteza da variação biológica e das suas causas, a revisão periódica (e.g. a cada 10 anos) das tipologias de massas de água e condições de referência, o estabelecimento de uma classificação tipológica probabilística, o reforço do sistema de monitorização do estado ecológico da água e dos ecossistemas associados, incluindo a monitorização de sedimentos e a monitorização dos aquíferos, a revisão dos limites das zonas protegidas a médio prazo (por exemplo, a cada 25 anos) com base no mapeamento de habitats e de espécies a monitorização quantitativa da atividade piscatória e a identificação de espécies sentinela (para além da truta) para monitorização da distribuição e estado das populações.

Medida EB 3.2 - Investigação sobre os efeitos de alterações climáticas primárias nas espécies e ecossistemas aquáticos portugueses, separando a variabilidade climática da variabilidade resultante de outras pressões e da natural (em particular para o caso dos ecossistemas e espécies, este conhecimento deve ser integrado, envolvendo componentes hidrológicas, hidráulicas, físicas, físico-químicas e biológicas). Esta medida inclui ainda a identificação e acompanhamento de *bioindicadores climáticos*, começando pela truta de rio, a monitorização da adaptação genética dos ciprinídeos nativos, a promoção do desenvolvimento de um sistema de informação interoperável e acessível nas bacias hidrográficas internacionais, a aquisição de uma visão compreensiva e atualizada da distribuição das comunidades e identificação dos principais corredores geográficos de dispersão ecológica (Heino *et al.*, 2009).

Síntese

O Quadro 10 apresenta uma síntese do programa e medidas de adaptação destinado a proteger e requalificar os ecossistemas aquáticos de águas interiores e a potenciar a sua adaptação às alterações climáticas.

Quadro 10 - Programas e medidas de adaptação. Ecossistemas e biodiversidade

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Proteção e melhoria da qualidade físico-química, a qualidade biológica e a biodiversidade	EB1.1 Apoio à capacidade adaptativa das espécies sensíveis às alterações climáticas e aos seus <i>habitats</i> .	APA, ICNF	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√		€	+	●●	Local
	EB1.2 Restauro de <i>habitats</i> danificados, incluindo zonas ripárias e zonas húmidas marginais.	APA, ICNF, Autarquias	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√		€	++	●●	Local/ Regional
	EB1.3 Restauro dos processos e das funções globais dos ecossistemas	APA, ICNF Autarquias	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√		€€	++	●	Local / Regional
	EB1.4 Promoção da eficácia da gestão da água e do uso dos recursos biológicos	APA, ICNF, Autarquias, Entidades gestoras	Planos de Gestão de Região Hidrográfica		√	√	€€	++	●	Local
Proteção e melhoria da integridade hidrológica e hidromorfológica	EB2.1 Gestão integrada do conjunto de obstáculos existente em cada rede hídrica	APA, ICNF	Planos de Gestão de Região Hidrográfica		√		€	++	●●	Local
	EB2.2 Redução da fragmentação hídrica e manutenção dos caudais ambientais	APA, ICNF	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√		€	++	●●	Regional
	EB2.3 Redução do <i>stress</i> climático e dos eventuais impactos primários e secundários resultantes de medidas de adaptação previstas para outros setores	APA, ICNF	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	√	√	√	€	+	●●	Local / Regional
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	EB4.1 Implementação de uma rede de monitorização de longo prazo (LTER)	APA, ICNF, Instituições I&D	Planos de Gestão de Região Hidrográfica			√	€	+	●	Nacional
	EB4.2 Investigação sobre os efeitos de alterações climáticas nas espécies e ecossistemas aquáticos	APA, ICNF, Instituições I&D	Planos de Gestão de Região Hidrográfica			√	€	+	●●	Nacional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto: + positivo e significativo; ++ positivo e muito significativo; Prioridade

●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

6.2.6 Considerações finais

A missão consagrada na Lei da Água, em consonância com o preceituado na Diretiva-Quadro da Água no sentido de se atingirem os objetivos ambientais de bom estado ecológico ou, se devidamente justificado, de bom potencial ecológico, é decisiva para impulsionar todas as medidas de adaptação às alterações climáticas no contexto dos ecossistemas dulçaquícolas. De facto, tendo em conta a atual dificuldade de distinguir, de forma imediata e concreta a nível das espécies e dos ecossistemas, as alterações diretamente relacionadas com as variações térmicas globais, as ações a desenvolver para manter ou recuperar o bem estado ecológico são bastante significativas para a saúde dos ecossistemas aquáticos e respetiva biodiversidade. Com efeito, se forem atingidos os objetivos ambientais da LA/DQA, as suas consequências positivas ultrapassarão as potenciais implicações negativas das alterações climáticas e, provavelmente, estas deixarão de ser tão prejudiciais para os ecossistemas aquáticos. A vulnerabilidade climática deverá ser um dos eixos centrais para suportar a elaboração da segunda geração de planos de gestão associados ao cumprimento da LA/DQA, a ser apresentada em 2015. Note-se que um aspeto essencial na preparação destes segundos planos consiste na obrigatoriedade de se fazer um único plano de gestão das regiões hidrográficas internacionais no caso de bacias hidrográficas transfronteiriças. Inquestionavelmente, esta coordenação será do maior interesse para Portugal, dado constituir o país de jusante relativamente a Espanha, no seu esforço para enfrentar a vulnerabilidade climática.

Em suma, para os ecossistemas aquáticos trata-se, em grande parte, de se *adaptarem à adaptação da sociedade humana* às pressões decorrentes da variabilidade climática, reconhecendo-se que a comunidade está mais centrada na regulação (domínio) do regime de caudais e no uso eficiente da água, pelo que, por isso, mais precisada da estratégia e das medidas apresentadas neste documento visando a sustentabilidade da gestão. Nesse sentido, uma política da água firme e ambiciosa que permita atingir objetivos ambientais será, uma vez mais, o fator-chave: importa ter uma visão integrada da gestão dos recursos hídricos, de modo a que o balanço global seja marcadamente positivo. A incerteza, não apenas nas previsões climáticas, mas também nas vulnerabilidades e nos efeitos a longo prazo das medidas de adaptação, aconselha à aplicação de análises custo-benefício e avaliação de riscos na tomada de decisão. Esse é o quadro, simultaneamente pleno de oportunidades, de incerteza e de constrangimentos de diferente índole, do programa de medidas sugerido nesta secção para a *gestão adaptativa* de recursos hídricos na componente de ecossistemas aquáticos dulciaquícolas e terrestres associados.

6.3 Serviços de águas

6.3.1 Introdução

Neste capítulo são identificadas as principais linhas de atuação de uma Estratégia Setorial de Adaptação aos Impactos das Alterações Climáticas relacionados com os recursos hídricos, na componente de “serviços das águas”, que compreende o abastecimento de água (abastecimento doméstico, comercial e industrial) e a drenagem e tratamento de águas residuais em meio urbano. Os serviços de águas compreendem também, neste contexto, os aspetos de drenagem pluvial em meio urbano.

6.3.2 Breve caracterização do setor dos serviços de águas em Portugal

O abastecimento público e a drenagem e tratamento de águas residuais (ou saneamento de águas residuais) constituem domínios ainda em evolução em Portugal, com impacto relevante no desenvolvimento do País. O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais para o período 2007-2013 (PEAASAR II), cujo despacho de aprovação data de dezembro de 2006, tem desempenhado um papel importante na estruturação de todo o sector, como quadro orientador de objetivos e políticas, na busca de soluções social, ambiental e economicamente sustentáveis. Atualmente, em Portugal, os níveis de cobertura na vertente do abastecimento de água e saneamento de águas residuais atingiram, respetivamente, mais de 95% e cerca de 80%.

De acordo com o levantamento realizado no âmbito de trabalhos de elaboração dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica, o investimento no setor do abastecimento de água e saneamento de águas residuais em Portugal poderá ainda ser relevante até meados desta década. Acredita-se, também, que no futuro se vão colocar problemas acrescidos em termos de garantir uma gestão integrada dos sistemas e níveis de serviço que permitam que se obtenham melhores eficiências e resultados, com menores custos económicos, sociais e ambientais.

Aspetos como o crescimento populacional em aglomerados urbanos, o aumento da ocupação e da impermeabilização, a variação da capitação (nas suas componentes doméstica, comercial e industrial) e o envelhecimento progressivo das infraestruturas criam desafios exigentes à gestão sustentada dos serviços da água. No contexto das alterações climáticas, crescem desafios adicionais decorrentes dos respetivos impactos no ambiente e que obrigam à gestão inteligente dos recursos e a decisões estratégicas importantes, no sentido de assegurar a sustentabilidade dos serviços a curto, médio e longo prazos.

As estratégias e ações no sentido da adaptação dos serviços da água às mudanças climáticas ainda se encontram, em Portugal, numa fase relativamente incipiente. Existem, no entanto, diversas

iniciativas e ações e projetos nestes domínios, envolvendo nomeadamente Empresas do Grupo Águas de Portugal, como a Empresa Portuguesa de Águas Livres (EPAL) e a SIMTEJO, Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR). Em ERSAR (2009) atribui-se uma importância significativa aos impactos e medidas de adaptação às alterações climáticas nos serviços de águas. Desde o início da década passada que a Câmara Municipal de Almada reconheceu a importância da intervenção local na redução da emissão dos gases com efeito de estufa (GEE) decidindo desenvolver uma estratégia local, cuja primeira etapa consistiu na realização do “Inventário Municipal das Emissões de Gases com Efeito de Estufa em Almada”, datado de 2001. Este inventário, pioneiro a nível nacional, permitiu identificar os consumos de energia e as emissões de GEE por setor de atividade económica no Concelho (CM Almada, 2005). De acordo com este inventário, o setor de resíduos/águas residuais, incluindo a componente de resíduos sólidos urbanos e as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs) da Quinta da Bomba (de leitos percoladores) e de Valdeão (de lamas ativadas de baixa carga) foi responsável pela emissão de 1,2% do total de GEE libertados no Concelho. Atualmente, com a conclusão de mais duas grandes ETAR, de grandes dimensões, da Mutela (de lamas ativadas de média carga com desinfecção por radiação ultravioleta) e Portinho da Costa (de biofiltração), crê-se que a percentagem de emissões no setor possa ascender a 2 a 3% do total.

À operação das ETAR estão associadas emissões de GEE com fundamentalmente três origens distintas: o consumo de energia nas diferentes fases de tratamento, a deposição de lamas em aterro e a libertação de biogás para a atmosfera decorrente do processo de digestão anaeróbia. A possibilidade de reduzir significativamente a quantidade de lamas a transportar para aterro, através do processo de digestão anaeróbia, e de aproveitar a energia renovável, biogás, para produção de energia elétrica, constitui uma excelente oportunidade de mitigação das emissões, hoje concretizada nas novas ETAR da Mutela e Portinho da Costa. Nesta última, as economias de energia traduzem-se num decréscimo de 39% das emissões de GEE, o que em termos absolutos representa uma redução anual de 687 toneladas de CO₂ (CM Almada, 2005). Noutros Municípios do País, como Sintra ou Cascais, têm tido também lugar iniciativas diversas, de ordem técnica e de comunicação e informação, versando a problemática das alterações climáticas no setor dos serviços da água, fundamentalmente numa perspetiva de mitigação e não tanto de adaptação.

Nos países da Europa, a percentagem de emissão de GEE no setor das águas (águas de abastecimento e águas residuais) não ultrapassa, em regra, os 5%, valor muito inferior, por isso, a emissões características de outros setores, como, no caso do Concelho de Almada, o dos serviços (18%), transporte (43%), residencial (17%), indústria (18%) e outros (8%). Ao invés, as infraestruturas

dos serviços de água são, em regra, muito vulneráveis às alterações climáticas, pela localização, função e tecnologias associadas, exigindo ou recomendando estratégias de adaptação, que outros setores de atividade não requerem de forma tão clara.

6.3.3 Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos serviços de águas

Sistemas de abastecimento de água

Os impactos das alterações climáticas nos sistemas de abastecimento de água deverão sobretudo incidir nas componentes de captação e tratamento (Oliveira, *et al.*, 2013). Em particular no sul de Portugal, a diminuição de disponibilidade da água superficial e subterrânea, associada a uma possível degradação da qualidade de água dos cursos de água, albufeiras e aquíferos, poderá conduzir a conflitos de utilização e a dificuldades acrescidas na captação de água com qualidade adequada para a satisfação das necessidades.

Os resultados dos modelos climáticos globais não identificam uma clara tendência de redução do escoamento superficial anual em resultado de uma possível redução da precipitação anual e de um aumento da temperatura e do conseqüente incremento da evapotranspiração potencial (Cunha *et al.*, 2002, 2006). A indefinição no que respeita à tendência do escoamento anual resulta, principalmente, da disparidade dos cenários de escoamento para os meses de inverno e outono que, por sua vez, são conseqüência da variedade dos cenários de precipitação. No entanto, a grande maioria dos cenários aponta para um aumento da assimetria sazonal do escoamento, provocado por um aumento ou manutenção do escoamento no inverno, e uma redução acentuada do escoamento na primavera, no verão e no outono. Os resultados mostram, também, que a magnitude destas tendências aumenta de norte para sul.

A alteração do regime de precipitação tem também efeitos na recarga dos aquíferos. A concentração da precipitação nos meses de inverno, associada a uma eventual redução da precipitação anual e ao aumento das taxas de evapotranspiração, poderá conduzir a uma diminuição significativa da recarga dos aquíferos.

O aumento da sazonalidade da disponibilidade de água superficial e subterrânea acentuará a dificuldade de satisfação das necessidades de água durante os meses da primavera, verão e outono, sobretudo se se concretizarem os cenários de aumento da procura de água para outros setores, nomeadamente para a produção de energia hidroelétrica e para a agricultura. Com efeito, os objetivos de redução da dependência de combustíveis fósseis responsáveis pela emissão de gases com efeito de estufa e o conseqüente aumento da produção de energia a partir de fontes renováveis, designadamente da hídrica e da eólica, conduzirá necessariamente a uma maior solicitação de volumes de água para o setor energético.

A possível degradação da qualidade da água constitui uma pressão adicional no que respeita à diminuição da água disponível com a qualidade adequada para usos compatíveis. No que respeita aos recursos hídricos superficiais, a degradação da qualidade da água pode resultar de uma redução do escoamento e da conseqüente redução da capacidade de diluição ou, ainda, de um aumento das cargas poluentes resultantes do aumento da erosão e do transporte de sedimentos, eventualmente contaminados com fertilizantes, e de pesticidas utilizados na agricultura, assim como de resíduos sólidos de origem urbana e industrial. Além disso, o aumento de temperatura associado às alterações climáticas resultará, também, em impactos diretos sobre a qualidade da água, provocando uma diminuição da concentração de saturação de oxigénio dissolvido na água, ou condicionando os processos químicos e biológicos, com conseqüências, por exemplo, ao nível das constantes cinéticas de degradação da matéria orgânica e dos mecanismos de eutrofização.

No que se refere às águas subterrâneas, é pouco conhecida a resposta dos sistemas aquíferos ao aumento da temperatura da água, podendo ocorrer a retenção ou a libertação de gases com efeito de estufa, tais como o CO₂, o CH₄ e o N₂O, os quais, por sua vez, favorecem a dissolução de minerais. No entanto, é expectável que um aumento da temperatura no subsolo propicie um aumento da concentração de sais, quer pelo aumento das taxas de evapotranspiração, quer pela maior capacidade da água para dissolução de sais. Nos aquíferos costeiros, o avanço da interface água doce/água salgada constituirá, possivelmente, a maior preocupação, dependendo da evolução da alimentação dos aquíferos e da subida do nível médio da água do mar.

A tendência para a redução da quantidade de água disponível com qualidade adequada para satisfazer o abastecimento público conduzirá a um aumento do risco de situações críticas e aumentará a pressão no sentido do adequado planeamento dos recursos hídricos à escala da bacia hidrográfica, conduzindo à necessidade de uma gestão mais cuidada dos sistemas de captação, adução e distribuição de água.

Adicionalmente, as alterações climáticas poderão também colocar em risco as infraestruturas de captação e de tratamento de água. Para além do risco acrescido de inundações, as infraestruturas de captação deverão adaptar-se aos novos regimes de variação das alturas de água, quando localizadas em cursos de água ou albufeiras, e de variação dos níveis piezométricos, quando estiver em causa a exploração de recursos subterrâneos.

A degradação da qualidade da água na origem poderá exigir a alteração dos esquemas de tratamento e o recurso a maior quantidade de reagentes ou à implementação de novas tecnologias.

No domínio dos impactos indiretos, o reconhecimento crescente pela sociedade dos riscos de escassez de água e o agravamento das tarifas poderão conduzir a uma diminuição gradual do

consumo *per capita* (capitação). A evolução demográfica, a migração e as alterações nas atividades industriais também contribuirão, necessariamente, para a variação dos caudais solicitados. As entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água deverão antecipar estes cenários, no que respeita ao planeamento técnico e financeiro de médio e longo prazo.

Face aos cenários previstos, poderá ser necessário introduzir alterações nos sistemas de captação, tratamento e distribuição de água. No limite, algumas das infraestruturas poderão vir a ter que ser substituídas ou sofrer remodelações significativas.

Sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

Os sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais sofrerão igualmente os impactos das alterações climáticas, sobretudo na vertente de drenagem de água pluviais em meio urbano e descarga de excedentes poluídos para os meios recetores (Oliveira *et al.*, 2013).

A concretização dos cenários de aumento do risco de precipitações intensas e de cheias provocará um incremento dos valores de caudal de ponta pluvial gerado nas bacias servidas que poderá ultrapassar a capacidade de drenagem dos sistemas de drenagem. Os sistemas costeiros situados a cotas baixas e que descarregam os efluentes para o mar terão adicionalmente que ter em conta o aumento do nível médio do mar e a conseqüente redução da capacidade de escoamento dos troços finais face à menor energia gravítica disponível para o escoamento.

A alteração do regime de precipitação, nomeadamente a tendência de aumento da duração de períodos secos, poderá também limitar a eficácia da auto-limpeza dos coletores pluviais ou unitários o que, em conjunto com o aumento da temperatura do ar, poderá conduzir a riscos adicionais.

O aumento do volume do risco de precipitações intensas aumentará também a pressão sobre os esquemas de tratamento dos sistemas de drenagem unitários que, caso não sejam tomadas medidas de adaptação, serão solicitados a tratar maiores volumes de água pluvial poluída em períodos curtos. Acresce que a tendência de aumento da variabilidade da precipitação conduzirá a situações de variabilidade da concentração de poluentes, o que poderá causar problemas de operacionalidade nos esquemas de tratamento instalados.

As infraestruturas de tratamento, situadas frequentemente junto a cursos de água ou à costa, poderão ainda ficar sujeitas a um risco acrescido de inundação por cheias fluviais ou por um aumento do nível médio do mar.

6.3.4 Adaptação aos impactos das alterações climáticas

Como anteriormente referido, o quadro de incerteza e conformidade associado às alterações climáticas, em termos de magnitude e impacto nos diversos setores, incluindo naturalmente os

serviços de águas, resulta na necessidade e conveniência de se disporem de estratégias de adaptação flexíveis, multidisciplinares, consistentes e correntes, que incluam medidas estruturais e não estruturais e procedimentos de gestão adaptativa (Oliveira *et al.*, 2013).

No âmbito deste trabalho, e relativamente ao setor dos serviços de águas, são considerados seis programas ou eixos estruturantes: a) promoção do uso eficiente da água; b) reforço e diversificação das origens de água; c) controlo da qualidade da água para o abastecimento à população; d) manutenção das condições de operação dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais; e) controlo do risco de cheias urbanas e f) aprofundamento e divulgação do conhecimento. A cada medida associa-se, por sua vez, a proposta de entidade responsável, os instrumentos de implementação, a tipologia de ação (de planeamento, gestão ou monitorização) a magnitude relativa de custo de implementação, impacto, prioridade e âmbito (local, regional ou nacional).

As medidas de adaptação referidas não esgotam, naturalmente, o universo de medidas disponíveis, mais ou menos específicas e de aplicação mais ou menos generalizada e que podem contribuir para a adaptação dos serviços de águas às alterações climáticas.

6.3.5 Programas de medidas de adaptação

Programa 1 – Promoção do uso eficiente da água

Medida SA 1.1 - Controlo de perdas reais e aparentes: Esta medida corresponde às medidas 05, 06 e 09 do PNUE que visam a redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água para o setor urbano, assim como nos sistemas prediais e instalações coletivas.

Medida SA 1.2 – Controlo do consumo de água. Esta medida corresponde à implementação de várias medidas previstas no PNUE para o setor urbano, nomeadamente a substituição de equipamento por dispositivos mais eficientes ou adequados, a redução de pressão no sistema público de abastecimento de água e a promoção de hábitos de utilização de água mais convenientes, nomeadamente através da alteração do sistema tarifário.

Programa 2 – Reforço e diversificação das origens de água

Medida SA 2.1 - Diversificação das origens de água e interligação de sistemas de abastecimento para assegurar a diversificação das origens de água dos sistemas de captação e de abastecimento e a sua interligação de sistemas em “malha” que, ao permitirem uma maior versatilidade da operação e transferências de água entre regiões ou bacias, podem contribuir para uma maior fiabilidade do abastecimento. Trata-se da concretização da medida RH3.3 para o setor urbano.

Medida SA 2.2 - Reutilização de águas residuais para usos compatíveis e implementação de sistemas diferenciados de abastecimento, consoante as exigências de qualidade das diferentes utilizações.

Esta medida traduz os objetivos da medida RH3.1 para o setor dos serviços da água e deverá ser implementada no quadro do PNUe que prevê várias medidas de reutilização de água em sistemas públicos de abastecimento de água (medida 04), em sistemas prediais (medida 08), na lavagem de pavimentos (medida 28), na lavagem de veículos (medida 32), na rega de jardins (medida 39) e em campos desportivos (medidas 48 e 49).

Medida SA 2.3 – Avaliação da viabilidade e eventual promoção da dessalinização da água do mar com recurso a fontes renováveis de eletricidade. Esta medida concretiza para o setor dos serviços da água a medida RH 3.2.

Programa 3 – Controlo da qualidade da água para abastecimento à população

Medida SA 3.1 – Desenvolvimento e implementação de Planos de Segurança da Água (proteção “multi-barreira”), visando uma gestão preventiva da qualidade da água para consumo humano. O desenvolvimento destes planos é recomendado por várias instituições, incluindo a ERSAR. No quadro da ESAAC-RH, propõe-se abranger nestes planos uma antecipação dos impactos concretos das alterações climáticas em cada sistema de abastecimento de água e também de saneamento de águas residuais e o planeamento das respostas mais adequadas.

Medida SA 3.2 – Ajuste dos esquemas de tratamento de água, instalação de tratamentos complementares e eventual reforço da capacidade instalada para assegurar a capacidade para lidar com flutuações significativas da quantidade e qualidade dos volumes de água na origem, nomeadamente através da implementação de sistemas de monitorização associados a processos de decisão em tempo real que assegurem uma gestão dinâmica dos processos de tratamento em função das condições de operação dos sistemas, da instalação de tratamentos complementares mais adequados às novas condições de captação da água bruta ou ainda do reforço da capacidade de tratamento instalada.

Programa 4 – Manutenção das condições de operação dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

Medida SA 4.1 - Controlo de afluências indevidas aos sistemas de drenagem por lixações ilegais, infiltração e escoamento direto, já previsto nos planos de atividade de várias entidades gestoras, cuja relevância é aqui reforçada.

Medida SA 4.2 – Controlo das afluências de origem pluvial aos sistemas de tratamento de águas residuais, designadamente através de soluções de controlo das águas pluviais na origem e da separação tendencial de redes de drenagem separativas de águas residuais e de águas pluviais. A opção por mecanismos de taxação dos volumes pluviais descarregados na rede de drenagem pluvial pode contribuir para a concretização desta medida.

Medida SA 4.3 - Reforço de condições de auto-limpeza de coletores e do controlo de septicidade (controlo de odores e de corrosão), criando e desenvolvendo soluções para manter ou reforçar as condições de auto-limpeza dos coletores, face ao regime de precipitações decorrentes das alterações climáticas.

Medida SA 4.4 –Afinação dos esquemas de tratamento de efluentes, implementação de tratamentos complementares e reforço da capacidade dos sistemas de drenagem e das instalações de tratamento, nomeadamente para ter em conta flutuações significativas da quantidade e qualidade dos volumes afluentes. Implementação de sistemas de monitorização associados a processos de decisão em tempo real que assegurem uma gestão dinâmica dos processos de tratamento em função das condições de operação dos sistemas.

Programa 5 – Controlo do risco de cheias

Medida SA 5.1- Proteção ou deslocação das infraestruturas situadas em zonas de inundação, nomeadamente captações, estações de bombagem, estações de tratamento de água (ETAs) e estações de tratamento de águas residuais (ETARs).

Medida SA 5.2- Promoção de soluções de controlo na origem de águas pluviais.

Medida SA 5.3 - Instalação de válvulas de maré (de retenção) em zonas susceptíveis de inundação com origem no mar.

Medida SA 5.4 - Intervenções de reforço ou de gestão do sistema para aumento da capacidade dos sistemas de drenagem.

Programa 6 – Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Medida SA 6.1- Reforço dos instrumentos de regulação do sector e regulamentação e normalização, integrando a obrigatoriedade de inclusão e consideração dos impactos das alterações climáticas.

Medida SA 6.2- Inovação tecnológica. Esta medida visa o desenvolvimento e a utilização de soluções inovadoras de instrumentação, monitorização e controlo, e ainda a promoção de tecnologias menos consumidoras de recursos energéticos.

Síntese

O Quadro 11 apresenta uma síntese do programa e medidas de adaptação aos impactos relacionados com os serviços da água.

Quadro 11– Programas e medidas de adaptação para os Serviços de Águas

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Promoção do uso eficiente da água	SA 1.1 - Controlo de perdas reais e aparentes	Entidade gestora	Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água Planos operacionais de gestão das entidades gestoras		✓		€	++	●●●	local ou regional
	SA 1.2 – Controlo do consumo de água	Entidade gestora	Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água		✓		€	++	●●●	nacional
Reforço e diversificação das origens de água	SA 2.1 - Diversificação das origens de água e interligação de sistemas de abastecimento	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras Planos de Segurança da Água	✓			€€€	+	●●	local ou regional
	SA 2.2 - Reutilização de águas residuais para usos compatíveis e implementação de sistemas diferenciados de abastecimento	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras Planos de Segurança da Água	✓			€€	++	●●	local ou regional
	SA 2.3 – Avaliação da viabilidade e eventual promoção da dessalinização da água do mar com recurso a fontes renováveis de eletricidade	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras Planos de Segurança da Água	✓			€€€	++	●●	local ou regional
Controlo da qualidade da água para abastecimento à população	SA 3.1 – Desenvolvimento e implementação de planos de segurança da água (proteção “multi-barreira”)	Entidade gestora	Planos de Segurança da Água	✓			€	++	●●●	local ou regional
	SA 3.2 – Ajuste dos esquemas de tratamento de água, instalação de tratamentos complementares e eventual reforço da capacidade instalada	Entidade gestora	Planos de Segurança da Água	✓			€€	++	●●	local
Manutenção das condições de operação dos sistemas de drenagem e tratamento	SA 4.1 - Controlo de aflúncias indevidas aos sistemas de drenagem	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras		✓	✓	€€	++	●●●	local ou regional
	SA 4.2 – Controlo das aflúncias de origem pluvial aos sistemas de tratamento de águas residuais	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras		✓	✓	€€	++	●●●	local

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou	Prioridade	Âmbito
				✓						
de águas residuais	SA 4.3 - Reforço de condições de auto-limpeza de coletores e de controlo de septicidade	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€€	++	●●●	local
	SA 4.4 – Afinação dos esquemas de tratamento de efluentes, implementação de tratamentos complementares e reforço da capacidade dos sistemas de drenagem e das instalações de tratamento	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€€€	++	●	local
Controlo do risco de cheias urbanas	SA 5.1 - Proteção ou deslocação das infraestruturas situadas em zonas de inundação	Entidade gestora	Planos de Segurança da Água	✓			€€€	++	●	local ou regional
	SA 5.2 - Promoção de soluções de controlo na origem de águas pluviais	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€€€	+	●●●	local ou regional
	SA 5.3 - Instalação de válvulas de maré (anti-retorno) em zonas suscetíveis de inundação com origem no mar	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€€	++	●●	local
	SA 5.4 - Intervenções de reforço ou de operação do sistema para aumento da capacidade dos sistemas de drenagem	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€€	++	●	local
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	SA 6.1 - Reforço dos instrumentos de regulação do setor e regulamentação e normalização	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€	++	●●●	Nacional
	SA 6.2- Inovação tecnológica	Entidade gestora	Planos operacionais de gestão das entidades gestoras	✓			€€	+	●	Nacional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto: ++ positivo e significativo +++ positivo e muito significativo; Prioridade

●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

6.3.6 Considerações finais

O sucesso do programa de adaptação dos serviços da água está intimamente ligado aos processos de elaboração e revisão contínua dos planos operacionais de gestão das entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, incluindo os planos de segurança de água. Se estes planos assumirem uma visão abrangente e de longo prazo, a realização periódica de exercícios de avaliação das vulnerabilidades de cada sistema, à medida que são disponibilizados novos dados, permite desencadear as medidas de adaptação mais adequadas em cada momento.

É importante também realçar o papel da administração pública local na defesa e valorização de um ordenamento do território adequado e na manutenção e gestão das redes municipais de drenagem de águas residuais e pluviais. Uma ação consistente e adequada neste domínio diminui a pressão sobre os sistemas de drenagem e tratamento de forma muito significativa.

O setor beneficia também dos resultados do Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água no controlo da procura de água e das medidas de proteção das massas de água e de reforço e diversificação das massas de água propostas no domínio do planeamento e gestão dos recursos hídricos.

6.4 Agricultura e florestas

6.4.1 Introdução

No contexto dos impactos económicos, sociais e ambientais que se prevê que as alterações climáticas irão ter sobre a agricultura em Portugal continental, assumem particular relevo aqueles que se transmitem através da água. De facto, não só a água tem uma enorme relevância como elemento estruturante das atividades de produção agrícola e florestal, como também é, hoje em dia, consensual que as alterações climáticas irão condicionar diversas componentes do ciclo hidrológico e de outros ciclos biogeoquímicos que com ele interagem.

Ao contribuir para o aumento da temperatura média da atmosfera, ao modificar o regime de precipitações e ao alternar a intensidade e frequência dos fenómenos climáticos extremos, as alterações climáticas vão fazer-se sentir de forma muito significativa tanto do lado da oferta de água, como do lado da procura. No que diz respeito à oferta da água, prevê-se que as alterações climáticas irão provocar uma modificação significativa no regime pluviométrico que conduzirá a variações no volume e na distribuição das disponibilidades de água superficiais e subterrâneas. A estes impactos sobre a quantidade de água disponível acrescem, ainda, os impactos sobre a qualidade da água que irão decorrer dos aumentos previstos para a temperatura média do ar. No que se refere à procura de água, são de esperar alterações nos volumes de água utilizados pelas plantas em consequência de

aumentos da evapotranspiração e reduções no teor de água nos solos, resultantes dos efeitos das alterações climáticas.

A amplitude dos impactos das alterações climáticas sobre as atividades agrícola e florestal e a natureza e urgência das respetivas medidas de adaptação a adotar em Portugal são variáveis de acordo quer com o tipo de ocupação e uso dos solos agrícolas e florestais em causa, quer com as características edafo-climáticas das diferentes regiões.

Por estes motivos, o ponto 6.4.2 analisa a representatividade dos atuais sistemas de ocupação e uso dos solos e a respetiva distribuição geográfica, levando em consideração, no caso da agricultura, dois aspetos: por um lado, os diferentes tipos de culturas agrícolas de acordo com a sua capacidade de adaptação às alterações climáticas, nomeadamente as culturas temporárias (capacidade de adaptação elevada), as pastagens permanentes (capacidade de adaptação média), as culturas permanentes (capacidade de adaptação reduzida), por outro, três regiões do Continente com diferentes graus de vulnerabilidade às alterações climáticas, o Norte e Centro Litoral⁷ com um grau de vulnerabilidade mínimo; o Norte e Centro Interior⁸ com um grau de vulnerabilidade intermédio e o Sul⁹ com um grau de vulnerabilidade máximo.

No que diz respeito aos povoamentos florestais, a sua representatividade irá ser analisada com base nas principais espécies florestais e nas regiões Norte e Centro Interior, Norte e Centro Litoral, Lisboa e Vale do Tejo e Sul.

No ponto 6.4.3, aborda-se os impactos das alterações climáticas mediados pela água. Uma vez que são poucos os estudos sobre esta problemática no âmbito da agricultura portuguesa com um mínimo rigor científico, houve necessidade de recorrer a estudos desenvolvidos sobre realidades agrícolas diferentes das nossas, procurando, no entanto, identificar os impactos que melhor se adaptassem à agricultura em Portugal. Também no ponto 6.4.4 surgiram as mesmas limitações na análise dos diferentes tipos de medidas de adaptação a propor para o futuro, tendo-se adotado uma orientação idêntica à anteriormente indicada.

Finalmente, no ponto 6.4.5, procura-se enquadrar os diferentes tipos de medidas de adaptação propostas no contexto das políticas de apoios públicos que poderão vir a ser adotados após 2013 no contexto da UE em geral e de Portugal em particular.

⁷ Regiões agrárias do EDM, BL e RO

⁸ Regiões agrárias de TM e BI

⁹ Regiões agrárias do ALE e ALG

6.4.2 Breve caracterização dos sistemas de ocupação e uso atual dos solos agrícolas e florestais

De acordo com a informação estatística disponível (DGRF, 2006; INE, 2009), a superfície agrícola e florestal (SAF) do continente ocupava, em 2009, 6955 milhares de hectares. A correspondente superfície agrícola utilizada (SAU) ocupava, então, 3542 milhares de hectares e a respetiva superfície florestal (SF) 3412 milhares de hectares, sendo de 877 milhares de hectares a SF com culturas agrícolas sob coberto, ou seja, a SAU com cobertura florestal.

A SAU do Continente apresentava, em 2009, a seguinte composição:

- 34% de terras aráveis e hortas familiares (cerca de 1,2 milhões de hectares), nas quais ocupavam posição dominante as culturas temporárias, que representavam 23% da SAU total (cerca de 0,82 milhões de hectares);
- 19% de culturas permanentes (cerca de 0,7 milhões de hectares), dos quais sobressaía o olival, com cerca de 0,3 milhões de hectares, e a vinha, com cerca de 0,2 milhões de hectares;
- 47% de prados e pastagens permanentes (cerca de 1,7 milhões de hectares em terra limpa e sob coberto florestal), que, na sua maioria (cerca de 1,3 milhões de hectares), correspondia a prados e pastagens pobres (não melhoradas).

Cerca de 3078 milhares de hectares da SAU do Continente correspondiam, em 2009, a sistemas de agricultura de sequeiro (87% do total), 53% dos quais eram ocupados por prados e pastagens permanentes, 18% por culturas temporárias e 18% por culturas permanentes. Os restantes 13% da SAU do Continente (465,6 milhares de hectares) eram ocupados, nesse mesmo ano, por sistemas de agricultura de regadio, a maioria dos quais correspondente a culturas temporárias (60%) e permanentes (29%).

Mais de metade da SAU de Portugal continental (cerca de 2,04 milhões de hectares) estava localizada na região Sul, ou seja, aquela que mais elevado grau de vulnerabilidade apresenta face às alterações climáticas. Nas regiões do Norte e Centro Interior, com graus de vulnerabilidade médio, estavam localizados, em 2009, cerca de 22% da SAU do Continente, localizando-se os restantes 21% nas regiões menos vulneráveis à alterações climáticas, ou seja, nas regiões do Norte e Centro Litoral.

No que diz respeito à localização geográfica das culturas temporárias de sequeiro (540,2 milhares de hectares) e de regadio (277,1 milhares de hectares), importa sublinhar que:

- 62% das culturas temporárias de sequeiro, predominantemente cereais, se encontram localizadas na região Sul, 21% nas regiões do Norte e Centro Interior e os restantes 17% nas regiões do Norte e Centro Litoral;

- 68% das culturas temporárias de regadio, predominantemente milho grão e milho silagem, se encontram localizadas nas regiões do Norte e Centro Litoral, 21% no sul 11% no Norte e Centro Interior.

No que se refere à localização geográfica das culturas permanentes de sequeiro (550,7 milhares de hectares) e de regadio (135,5 milhares de hectares), importa realçar que:

- Cerca de metade da área ocupada por culturas permanentes de sequeiro, predominantemente vinha, olival e frutos secos, se encontra localizada nas regiões do Norte e Centro Interior, 32% no Sul e 23% no Norte e Centro Litoral;
- 65% da área ocupada por culturas permanentes de regadio, predominantemente olival, vinha e citrinos, se encontra localizada na região Sul, 21% no Norte e Centro Litoral e os restantes 14% no Norte e Centro Interior.

Relativamente à localização geográfica dos prados e pastagens permanentes de sequeiro (1627,7 milhares de hectares) e de regadio (52 milhares de hectares), importa sublinhar, que:

- Cerca de 2/3 dos prados e pastagens de sequeiro, predominantemente não melhoradas, se localizavam, em 2009, na região Sul, seguindo-se-lhe o Norte e o Centro Interior (17%) e o Norte e o Centro Litoral (14%);
- Cerca de metade dos prados e pastagens de regadio encontram-se localizadas nas regiões do Norte e Centro Interior, 36% no Norte e Centro Litoral e 14% na região Sul.

Importa também sublinhar em relação aos sistemas de Agricultura de regadio de Portugal continental sete aspetos principais:

- A superfície agrícola regada, em 2009, era, em média, 13% da SAU do Continente, atingindo cerca de 32% nas regiões do Norte e Centro Litoral, 10% nas regiões do Norte e Centro Interior e 8% na região Sul;
- A superfície regada, em 2009, foi cerca de 87% da superfície irrigável do Continente, percentagem esta que atingiu os 90% na região Sul e 87% e 78%, respetivamente, no Norte e Centro Litoral e Interior;
- 52% do número total de explorações agrícolas de Portugal continental tinham uma parte maior ou menor da sua SAU ocupada por culturas de regadio, sendo tanto mais elevado o respetivo rendimento empresarial quanto maior era o peso da respetiva superfície regada na respetiva SAU;
- A área regada nos regadios públicos representava, em 2009, apenas 16% da área total regada, sendo de sublinhar que os regadios públicos apresentavam uma relação entre a área regada e irrigável de 51%, muito menos favorável do que a dos regadios privados (72%);

- 73% das explorações agrícolas do Continente obtinham a sua água de rega a partir de furos, poços ou nascentes, seguindo-se-lhes, por ordem decrescente, o número de explorações agrícolas cujo regadio tinha origem em cursos de água (17%) e albufeiras, açudes ou charcas (9%);
- Cerca de 69% das explorações agrícolas em causa recorriam a motores de gasóleo e elétrico para elevar a respetiva água de rega para a colocar nas suas parcelas agrícolas;
- A rega por gravidade representava, em 2009, cerca de 32% da área regada do Continente, a rega por aspersão móvel cerca de 35% e a rega por aspersão fixa cerca de 34%.

No que diz respeito aos cerca de 3,4 milhões de hectares de superfície florestal de Portugal continental, realçam-se três aspetos principais:

- São sensivelmente semelhantes as áreas ocupadas com povoamentos florestais fora (1,7 milhões de hectares) e dentro (1,7 milhões de hectares) das explorações agrícolas;
- Os montados de sobro e azinho (36% da SF), o pinhal (26% da SF) e o eucaliptal (21%) assumem uma posição dominante no conjunto dos sistemas de ocupação e uso dos solos florestais;
- A região Sul, com 42,5% do total da área florestal do Continente, assume uma posição dominante, em relação ao Norte (16,6%), ao Centro (27,1%) e ao Vale do Tejo (13,8%).

6.4.3 Impactos das alterações climáticas mediados pela água na agricultura e florestas

A água é um recurso fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A maioria das plantas apresenta um elevado teor de água nos seus tecidos, contendo a biomassa de crescimento um teor de água até 80-90%. A água está relacionada com os tecidos em crescimento devido ao consumo e fixação de CO₂. Assim, para um crescimento diário de 10g de matéria seca por m², são fixadas nas estruturas das células e nos tecidos vegetais cerca de 14g de CO₂, 1g de nutrientes e 80-90g de água (WssTP, 2009).

As alterações climáticas, nomeadamente o aumento da concentração de CO₂ atmosférico e da temperatura do ar, têm, em particular, repercussões no processo de transpiração das plantas, interferindo por isso no uso de água.

A eficiência do uso de água (WUE, *water use efficiency*) é um indicador correspondente ao quociente entre a quantidade total de matéria seca produzida e a quantidade de água perdida na evapotranspiração, sendo por isso dependente da produtividade e da evapotranspiração (Rosenzweig e Hillel, 1998; Sánchez-Díaz e Aguirreolea, 2000; Young e Long, 2000).

Na maior parte das regiões do Sul da Europa, entre 1975 e 2007, observou-se um aumento do défice hídrico. O défice hídrico consiste na diferença entre a precipitação e a evapotranspiração. O aumento

do déficit hídrico resulta principalmente da redução de precipitação durante a estação de crescimento e, em parte, do aumento de consumo de água por parte das culturas (CEC, 2009).

Atualmente, a agricultura europeia de regadio é afetada pelo excesso ou pela escassez de água, projetando-se que o será ainda mais no futuro. As alterações climáticas afetarão igualmente a qualidade e a quantidade de água. No futuro, a água constituirá o maior problema, projetando-se que este venha a ser agravado pela procura crescente de alimentos. O desenvolvimento de um uso mais sustentável da água terá que ser dinamizado, tanto para a agricultura de regadio como para a de sequeiro. Uma vez que a água na atividade agrícola é essencialmente utilizada na rega, um uso mais sustentável desta exigirá uma melhoria na tecnologia e na gestão da rega (WssTP, 2009).

As variações da precipitação total anual e por estação são um dos aspetos mais importantes a estudar nos sistemas de sequeiro e no desenho e planificação das regas das culturas de regadio (Tudela *et al.*, 2005).

Relativamente à pecuária, no contexto das alterações climáticas, é particularmente relevante a falta de abeberamento para o gado em períodos de seca, bem como os eventos extremos, designadamente inundações. A pecuária irá adicionalmente sofrer os impactos estimados para as pastagens permanentes que adiante se enunciam.

Em seguida analisam-se, separadamente, os impactos nos principais tipos de culturas.

Culturas temporárias

Na agricultura portuguesa, os impactos das alterações climáticas avaliados mostram que, apesar das produtividades estimadas para as culturas anuais do trigo e do milho por modelos de simulação de culturas (CSM-CROPSIM-CERES-Wheat¹⁰ e CSM-CERES-Maize) serem diferentes nos dois cenários climáticos considerados (A2c e B2a) do modelo HadRM3, evidencia-se uma tendência geral de perda de produtividade (Brandão, 2006).

O decréscimo de produtividade estimado resulta, essencialmente, das projeções para os cenários futuros, ou seja, dos efeitos positivos do aumento da concentração de CO₂ e dos efeitos negativos do aumento de temperatura. A redução da estação de crescimento das culturas, nomeadamente do período de enchimento do grão constituiu, provavelmente, a principal causa da quebra de produtividade.

Nos cenários futuros, obtiveram-se aumentos das necessidades de rega da cultura do milho em quase todo o território relativamente às necessidades atuais. Nas regiões de Braga e de Santarém,

¹⁰ CSM – *Cropping system model*; CERES – *Crop environment Resource Synthesis*

que foram estudadas em particular, o acréscimo de rega simulado nos cenários futuros explicou-se pela redução da precipitação, apesar da diminuição observada da evapotranspiração. A diminuição da evapotranspiração ocorreu porque o aumento da concentração de CO₂ é responsável pela redução da condutância estomática, e porque ocorreu uma redução na duração da estação de crescimento.

Na região de Braga, a WUE decresceu nos cenários futuros, mas na região de Santarém registaram-se aumentos médios. Estes resultados dependeram da magnitude de redução da produtividade e da evapotranspiração (Brandão, 2006).

Culturas permanentes

Nas culturas permanentes, em geral, e nas vinhas, em particular, estimam-se, para além das alterações na fotossíntese e na evapotranspiração, mudanças na fenologia que consistem em alterações na duração das fases do ciclo biológico da cultura, maturações mais rápidas e precoces com a consequente antecipação da colheita; alteração dos níveis de incidência e tipo de pragas e doenças; e diminuição da qualidade e quantidade de água disponível para a rega (Lopes *et al.*, 2009).

O relatório agrícola sobre a avaliação dos custos dos impactos das alterações climáticas e de adaptação em França elegeu a vinha como uma das culturas em análise, a par das culturas do milho, do trigo e das pastagens (MAAP, 2009).

O estudo refere que, nos últimos anos, se observou nas vinhas francesas uma antecipação dos diferentes estádios do ciclo vegetativo relacionados com o aumento de temperatura. Assim por exemplo, nos últimos 50 anos, a data de vindima antecipou-se em cerca de três ou quatro semanas. Esta aceleração do ciclo poderá ter como impactos indiretos uma diminuição da qualidade da uva relacionada com o aumento do grau alcoólico. Por outro lado, um abrolhamento antecipado poderá aumentar os prejuízos das geadas.

Em 2003 verificou-se uma alteração da qualidade global de cada *terroir*, que consequentemente originaram vinhos atípicos.

Outros efeitos projetados decorrentes da alteração climática serão os aumentos das temperaturas diárias que poderão queimar as folhas apresentando consequências no enchimento dos bagos, a maior frequência de ocorrência de granizo, tempestades, chuvas violentas e trovoada tornando as vinhas mais expostas a estes mesmos eventos; a alteração da quantidade e do padrão de distribuição temporal da precipitação promoverá um maior *stress* hídrico com uma consequente diminuição do rendimento.

No futuro projeta-se que haverá novas zonas de produção de vinha. A deslocalização será para Norte e em altitude.

Em França o conjunto de todas as tendências referidas porá em causa a denominação de origem controlada, uma vez que esta é definida pelo meio edafo-climático, as técnicas culturais e o material vegetativo utilizado (MAAP, 2009), tendências estas que se prevê poderem vir a manifestar-se também em Portugal.

Pastagens permanentes

O estudo francês anteriormente referido indica que se observa atualmente no Sul da Europa, região onde a produção de biomassa das pastagens é limitada pelo défice hídrico, um acréscimo da duração e da intensidade das secas que por sua vez tende a reduzir a produção de biomassa anual. Esta diminuição conduz a um aumento da vulnerabilidade dos sistemas de produção animal (MAAP, 2009), situação esta que se fará sentir também entre nós.

Segundo o IPCC (2007) as pastagens anuais mediterrânicas, em ensaios de experimentação, mostraram um decréscimo da diversidade das espécies devido ao aumento da concentração de CO₂. Por outro lado a fixação de azoto não evidenciou nenhum efeito positivo relacionado com o aumento de temperatura. A concentração de CO₂ é responsável pela alteração da composição florística das pastagens através das mudanças no padrão de regeneração natural. Estas mudanças são justificadas uma vez que as concentrações elevadas de CO₂ promovem um aumento do desenvolvimento das leguminosas em detrimento das gramíneas.

Paralelamente a elevada concentração de CO₂ poderá evitar a perda de água do solo nas pastagens mediterrânicas, enquanto o aumento da variabilidade na precipitação poderá conduzir a maiores limitações na disponibilidade de água e reduzir a produtividade das plantas (Easterling *et al.*, 2007).

Florestas

Os principais impactos da mudança climática sobre as florestas (eucalipto, pinheiro bravo e sobreiro) em Portugal continental foram avaliados utilizando o modelo GOTILWA+, considerando os dados climáticos da simulação IS92a do modelo HadRM2 (Pereira *et al.*, 2006).

Na região Norte, a floresta de produção (eucalipto e pinheiro-bravo), nomeadamente em locais próximos do oceano e em solos de boa qualidade, aumentará a sua produtividade. Nesta região, o sobreiro irá beneficiar do acréscimo da temperatura. Na região Centro são esperados decréscimos na produtividade do eucalipto e do pinheiro-bravo, e eventualmente aumentos na produtividade do sobreiro em áreas húmidas. As florestas de eucalipto e de pinheiro-bravo da região Sul deverão ser as mais afetadas negativamente pelas alterações climáticas, devido às maiores necessidades de água

do eucalipto e pinheiro-bravo. O sobreiro sofrerá menores impactos, mas estes poderão ser mais intensos em solos pobres.

As projeções evidenciam uma tendência de migração das espécies de sul para norte e do interior para o litoral. Num clima mais quente e mais seco o risco de incêndio vai aumentar, e esta tendência vai ser agravada devido a uma maior acumulação de biomassa durante a época de incêndios. Um maior *stress* ambiental será responsável pela maior frequência de pragas e de doenças (Pereira *et al.*, 2006).

6.4.4 Adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água na agricultura e florestas

O futuro da atividade agrícola num novo quadro climático dependerá do aumento da consciência dos agricultores da necessidade de adaptação às alterações climáticas e do fornecimento de melhor informação sobre os desafios em causa e das suas soluções (COPA-COGECA, 2009b). O Livro Branco sobre as Alterações Climáticas refere-se que o principal desafio das políticas nacionais de adaptação da agricultura nas regiões do Sul da Europa às alterações climáticas é o risco de falta de água e de desertificação (CEC, 2009). É por isso fundamental potenciar a capacidade de retenção de água dos solos agrícolas, reduzir escoamento da água das chuvas durante o Inverno e promover a infiltração, adotar espécies vegetais mais adequadas às novas condições climáticas, aumentar a eficiência de aplicação de água de rega e assegurar a segurança da disponibilidade de água (AEA & UPM, 2007).

A ESAAC-RH assume todos estes objetivos, tendo definido 4 programas de medidas de adaptação. Os primeiros dois destinam-se às culturas temporárias e permanentes e visam a promoção do uso eficiente da água e o reforço da disponibilidade de água. O terceiro programa tem por objetivo a melhoria da conservação e utilização da água nas áreas florestais. Finalmente, no quarto programa incluem-se várias medidas de aprofundamento do conhecimento.

As medidas propostas descrevem tipos de ação que visam determinados objetivos, devendo ser adaptadas às características específicas de cada tipo de cultura ou espécie vegetal. Apresentam-se, seguidamente, algumas notas sobre como cada proposta de medida pode ser concretizada quando aplicada aos principais tipos de culturas e manchas florestais existentes em Portugal.

Culturas temporárias

Os programas de adaptação para as culturas temporárias incluem medidas de conservação da humidade e da matéria orgânica no solo, a adequação das operações culturais e a seleção de culturas que otimizem o uso de água, sobretudo na zonas onde a água venha a ser mais limitante. No caso concreto da adaptação das operações culturais, a simulação da antecipação da data de sementeira da cultura do trigo e do milho em Portugal, mostraram uma redução geral das quebras de

produtividade nas situações futuras de 1 a 7%. A grande vantagem de semear mais cedo a cultura do trigo de sequeiro é conseguir manter um volume de precipitação semelhante porque a duração da estação de crescimento não é alterada. Na cultura do milho, em geral, a duração da cultura aumenta porque se consegue evitar a aceleração da cultura causada pelo aumento da temperatura. Adicionalmente, as necessidades de rega do milho diminuem de 2 a 15%. As reduções da rega resultam da maior disponibilidade de água de precipitação (Brandão, 2006).

Culturas permanentes

No caso da vinha, as medidas de adaptação a promover dependem em particular da região vitícola em causa mas, no geral, propõem-se, entre outras medidas, o enrelvamento da entrelinha para aumentar a taxa de infiltração de água no solo, a escolha de porta-enxertos capazes de resistir ao *stress* hídrico e a opção por castas mais eficientes no uso de água, resistentes a elevadas temperaturas e cuja duração do ciclo biológico permita a otimização da maturação e da qualidade das uvas. Entre as novas castas poder-se-á optar por castas estrangeiras e pela opção na região norte de castas características da região sul (MAAP, 2009). Nas vinhas regadas, as estratégias de rega deficitária e sistemas de monitorização que conduzam a uma elevada eficiência de uso de água podem ser uma solução adequada (Lopes *et al.*, 2009). As mudanças na localização das vinhas, na escolha do material vegetal e nas opções culturais como a diminuição da superfície foliar, a diminuição da poda, o uso de anti-transpirantes para reduzir a fotossíntese, poderão atrasar a maturação da uva, prolongando o período de acumulação de açúcar nos bagos ou o amadurecimento da polpa (Toda, 2009). Uma medida de adaptação de longo prazo será a migração geográfica. Um aumento de temperatura média de cerca de 1°C, observado no século passado, correspondeu a uma deslocalização do clima de 180 km para norte ou de 150 m em altitude (Seguin, 2009).

As culturas permanentes (olival, vinha, citrinos e fruteiras) são sistemas de maior inércia pelo que exigem medidas de adaptação diferenciadas para diferentes zonas. É necessário desenvolver estudos específicos que permitam a delimitação de zonas e a proposta de medidas concretas para cada uma delas (Tudela *et al.*, 2005). É também necessário estudar com maior pormenor os efeitos da escassez de água em cada uma destas culturas. Na Andaluzia existem atualmente resultados científicos na área da olivicultura que evidenciam uma poupança de água e manutenção de produtividades resultantes de uma redução ao mínimo durante o período de Verão e de um aumento ligeiro da dotação nos períodos críticos como a floração (abril a junho) e do crescimento da azeitona e produção de gordura (setembro a outubro) (EDIA, 2010).

Pastagens permanentes

O risco crescente de seca conduzirá à diminuição e à irregularidade da produção de erva, o que terá consequências nos sistemas pecuários e de produção animal. De um modo geral, será necessário promover uma diversificação dos sistemas forrageiros e uma estratégia de armazenamento capaz de assegurar alimento aos animais nos períodos com déficit de produção de biomassa vegetal de modo a procurar evitar a redução no efetivo pecuário. Entre as alterações das técnicas culturais, destacam-se a modificação das datas de sementeira e de corte das forragens e a rega de pequenas áreas ou de complemento no final da primavera e no verão (MAAP, 2009). Outras medidas incluem a diminuição da carga animal (número de animais por unidade de área), alterações no manejo do gado, a determinação da época dos partos e a adaptação dos sistemas pecuários (por exemplo, produção de carne versus leite).

Florestas

A adaptação das florestas abrange medidas para a proteção dos solos florestais, conservação da matéria orgânica e da água no solo, seleção de espécies florestais melhor adaptadas aos cenários climáticos projetados e para a prevenção de incêndios. Este programa deve ser executado à medida que for possível, tendo em conta os períodos de revolução da atividade florestal, que se situam entre 15 a 150 anos (COPA-COGECA, 2009a).

6.4.5 Programas de medidas de adaptação relacionados com a agricultura e florestas

Programa 1. Promoção da disponibilidade e do uso eficiente da água de culturas temporárias ou permanentes

Medida AF1.1 - Conservação da humidade do solo, conseguida através do enrelvamento ou da manutenção dos resíduos de cultura na entrelinha, ou ainda através da adoção de sistemas de não mobilização ou de mobilização reduzida do solo, combinados com a cobertura permanente dos solos e com a rotação de culturas. A plantação de barreiras ou de pequenas áreas florestais em zonas aráveis potenciam também a redução do escoamento superficial e o aumento da infiltração durante o inverno, de forma a assegurar um mais elevado teor de humidade do solo nas restantes épocas do ano (Bates *et al.*, 2008, Easterling *et al.*, 2007). O aumento ou manutenção da matéria orgânica do solo contribui também a conservação da humidade, pois os solos ricos em matéria orgânica retêm a água durante períodos mais alargados, o que aumenta o tempo de absorção disponível e reduz o *stress* hídrico das culturas. Os solos ricos em matéria orgânica apresentam também uma maior taxa de infiltração com a consequente recarga de aquíferos.

Medida AF1.2- Seleção de culturas menos exigentes em água ou mais tolerantes à falta de água, introduzindo novas culturas tendo em conta as suas características agronómicas, produtividade e a

sua eficiência no uso de água. É desejável optar por cultivares com necessidades térmicas e de vernalização¹¹ mais adequadas e que apresentem uma maior tolerância à seca e aos picos de calor, nomeadamente por possuírem sistemas radicais mais profundos. A escolha de culturas de ciclo mais longo poderá evitar a aceleração do ciclo devido às temperaturas mais elevadas (Tudela *et al.*, 2005).

Medida AF1.3 - Alteração das operações culturais, nomeadamente dos calendários das operações culturais que inclui a modificação das datas de sementeira para as ajustar à temperatura e ao padrão de precipitação (Bates *et al.*, 2008, COPA-COGECA, 2009b; Easterling *et al.*, 2007) e a adaptação das culturas às novas condições climáticas. Um exemplo deste último tipo de medida no caso da vinha é a opção por sistemas de condução que reduzam a superfície foliar e os cachos expostos.

Medida AF1.4- Aumento da eficiência da aplicação da água de rega. Este objetivo pode ser concretizado através da alteração das técnicas de rega, incluindo a quantidade, o momento ou a tecnologia. A redução das perdas nas redes de transporte e de distribuição da água e a reconversão dos instrumentos e processos de rega menos eficientes são medidas fundamentais. A melhoria dos sistemas de monitorização através da colocação de micro-estações para medição da humidade do solo nas explorações permite quantificar as reais necessidades de água e identificar períodos críticos de rega. Outras medidas incluem a redistribuição desigual da rega ao longo do ano de acordo com o ciclo da cultura, privilegiando regas mais prolongadas e mais dilatadas no tempo, a opção por regas estratégicas ou de apoio ou por regas deficitárias. Estas medidas estão previstas no PNUE que também propõe medidas complementares, como a melhoria da qualidade dos projetos e a promoção de um sistema tarifário adequado que reflita o verdadeiro custo da água (económico e ambiental) e promova a adoção mais rápida destas medidas.

Programa 2. Reforço e diversificação das origens de água

Medida AF2.1 - Melhoria das condições de armazenamento de água para reduzir as perdas por evaporação. Este objetivo pode ser conseguido conservando a água em reservatórios de maior dimensão, com uma menor superfície exposta à evaporação por volume armazenado, promovendo o ensombramento das zonas de armazenamento menos profundas ou isolando a superfície dos reservatórios de armazenamento de água. Este último objetivo pode ser conseguido com a colocação de bolas pretas à superfície dos reservatórios ou pela sua cobertura com comunidades estabilizadas de espécies vegetais de superfície, como o nenúfar, desde que devidamente esterilizadas para evitar

11 Por vernalização entende-se “a necessidade que algumas plantas ou sementes têm de serem submetidas a um período de frio, para quebrar o período de dormência e poderem abrolhar ou germinar” (Samouco, 1998).

a sua proliferação. A monitorização e o controlo da composição química da água permitem também contrariar a evaporação.

Medida AF2.2– Utilização de águas residuais, que, quando devidamente tratadas pode, nalgumas situações, constituir uma fonte alternativa de água. Esta medida concretiza a medida RH3.1 no setor agrícola.

Programa 3. Promoção do uso eficiente da água em áreas florestais

Medida AF3.1 – Conservação e aumento da matéria orgânica e da água. O aumento das taxas de retenção e de infiltração hídrica, a redução do risco de erosão e a retenção da matéria orgânica no solo podem ser potenciados protegendo o solo com resíduos florestais ou instalando pastagens permanentes nos sistemas agroflorestais. Para aumentar a infiltração, preservar a humidade no solo e prevenir a ocorrência de fenómenos de erosão é também importante mobilizar o solo ao longo da curva de nível e evitar realizar essa operação até finais de março nas regiões onde existe uma probabilidade elevada de ocorrência de fracas precipitações e verões fortemente secos. Nos terrenos com declives acentuados, após a plantação, o terreno deve ser armado em vala-e-cômodo. A proteção do solo montados de sobro pode ser assegurada mantendo parte da vegetação espontânea no final da primavera ou no outono, utilizando destroçadores para o corte e destroçando o material lenhoso e deixando no local a vegetação destruída na sacha e amontoa. No caso das florestas para produção de madeira em solos com horizontes subsuperficiais de elevada dureza ou impermeáveis, deve-se recorrer à ripagem como técnica de mobilização de solo, devendo esta ser sempre efetuada segundo a curva de nível em terrenos declivosos. O aumento da duração da revolução, nomeadamente nos pinhais, aumenta o período de armazenamento de carbono nos povoamentos e promove a retenção de carbono na matéria orgânica do solo (Costa e Pereira, 2007; DGF, 2003). Deve também ser privilegiada a conservação de corredores ao longo das linhas de água com uma largura variável consoante as características morfológicas e ecológicas dos cursos de água, e constituídos pela vegetação natural ribeirinha ou expressamente arborizados com espécies arbóreas adequadas ao meio ribeirinho e à sua vizinhança próxima, preferencialmente autóctones.

Medida AF3.2 – Seleção de espécies florestais mais adequadas. Para o montado de sobro e de azinho no Alentejo, dever-se-ão ensaiar no futuro novas variedades de azinheira e sobreiro, nomeadamente através de depósitos genéticos mais resistentes à seca, como os encontrados no Norte de África, capazes de promover a subsistência do montado. A importância de preservação do montado advém deste se tratar de um sistema agro-silvo-pastoril de elevada importância e relevância social, agrícola e ambiental no Alentejo (EDIA, 2010). Os novos povoamentos de floresta de produção, nomeadamente de crescimento rápido, devem ser instalados em zonas de mais elevada produtividade e com menor nível de sensibilidade às alterações climáticas (por exemplo, as regiões

do Norte e Centro Litoral, no caso do eucalipto). Neste processo, deve-se dar preferência pela regeneração por espécies autóctones e pelos povoamentos mistos que apresentam uma melhor resistência aos eventos extremos, às pragas e que contribuam para a redução dos incêndios florestais e para a resiliência do território (COPA-COGECA, 2009a).

Medida AF3.3 - Prevenção do risco de incêndio - A Estratégia Nacional para as Florestas estabelece um conjunto de ações com o objetivo de reduzir a área ardida para valores médios inferiores a 100 mil hectares em 2012 e reduzir a área de povoamentos florestais ardidos para menos de 0,8% em 2018 (AFN, 2010a). Entre as medidas propostas para a Região Sul destacam-se a realização no Outono e Inverno das operações culturais que deixam resíduos no terreno, procedendo ao estilhaçamento dos resíduos e incorporando-os no solo com gradagens, ateamento de fogo controlado na vegetação sob coberto e áreas de incultos com vegetação arbustiva e a exploração da biomassa florestal para aproveitamentos energéticos que de outra forma seria perdida pelos incêndios. Esta medida apenas será aplicada quando se consegue salvaguardar a sustentabilidade ecológica desse mesmo sistema (AFN, 2010b).

Programa 4. Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Medida AF4.1 - Formação e divulgação de técnicas de conservação do solo, gestão de nutrientes e aumento da matéria orgânica, mobilização e coberto vegetal, combate e prevenção da erosão.

Medida AF4.2 - Investigação, formação e divulgação de técnicas de rega mais eficiente. Na Europa, em geral, e em Portugal, em particular, assistiu-se durante a última década à modernização dos sistemas de rega através do aumento do desempenho das infraestruturas, da adaptação das técnicas e do calendário de rega. Esta modernização influenciou positivamente a produtividade da água numa dinâmica que é necessário reforçar com mais investigação sobre a tecnologia e a gestão dos sistemas de rega e as suas interdependências (WssTP, 2009).

Medida AF4.3 – Desenvolvimento de estudos específicos para as culturas permanentes com o objetivo de identificar quais as fases críticas do ciclo vegetativo das culturas e quantificar as dotações mínimas de rega para cada fase.

Medida AF4.4 - Investigação de variedades florestais e de novas espécies mais adequadas às novas condições climáticas. Pretende-se identificar variedades florestais alternativas, mais resistentes a acontecimentos climáticos extremos e repentinos, e de novas espécies que possam ser introduzidas nas várias regiões florestais de Portugal. Os modelos de previsão de danos causados por acontecimentos climáticos extremos e repentinos podem constituir um instrumento útil nesta investigação (COPA-COGECA, 2009a).

Síntese

O Quadro 12 apresenta uma síntese do programa e medidas de adaptação aos impactos relacionados com o setor da agricultura e florestas.

Quadro 12 - Programas e medidas de adaptação. Agricultura e florestas

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Promoção da disponibilidade e do uso eficiente da água de culturas temporárias ou permanentes	AF 1.1 - Conservação da humidade do solo	MAMAOT, Assoc. de agricultores	Códigos de boas práticas	✓			€	++	●●●	Local/ regional
	AF 1.2 - Seleção de culturas menos exigentes em água ou mais tolerantes à falta de água	MAMAOT, empresas prestadoras de apoio técnico ou fornecedoras de plantas e sementes, Assoc. agricultores e de regantes, Instituições I&D	Política de formação e comunicação Plano Nacional do Uso Eficiente da Água	✓			€€	++	●●	Local/ regional
	AF1.3 - Alteração das operações culturais	MAMAOT, ICNF, empresas prestadoras de apoio técnico, Assoc. de agricultores, Instituições I&D	Política de formação e comunicação Códigos de boas práticas	✓			€	++	●●●	Local/ regional
	AF1.4 - Aumento da eficiência da aplicação da água de rega	MAMAOT, empresas prestadoras de apoio técnico, Assoc. agricultores e de regantes, Instituições I&D	Política de formação e comunicação Plano Nacional do Uso Eficiente da Água	✓			€€	++	●●●	Local/ regional
Reforço e diversificação das origens de água	AF2.1 - Melhoria das condições de armazenamento de água para reduzir as perdas por evaporação	MAMAOT, Assoc. de agricultores e de regantes	Política de formação e comunicação Plano Nacional do Uso Eficiente da Água	✓			€	++	●●●	Local/ regional
	AF2.2 – Utilização de águas residuais	MAMAOT, Assoc. de agricultores e de regantes	Política de formação e comunicação Plano Nacional do Uso Eficiente da Água	✓			€	+	●	Local/ regional

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
Promoção do uso eficiente da água em áreas florestais	AF3.1 – Conservação e aumento da matéria orgânica e da água	ICNF, Assoc. florestais, Instituições I&D	Planos Regionais de Ordenamento Florestal Códigos de boas práticas	✓			€	++	●●	Local/regional
	AF3.2 – Seleção de espécies florestais mais adequadas	ICNF, Assoc. florestais, Instituições I&D	Planos Regionais de Ordenamento Florestal	✓			€	++	●●	Local/regional
	AF3.3 - Prevenção do risco de incêndio.	ICNF, Assoc. florestais, ANPC	Planos Regionais de Ordenamento Florestal Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios	✓			€	++	●●●	Local/regional
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	AF4.1 - Formação e divulgação de técnicas de conservação do solo	MAMAOT, ICNF, Assoc. de agricultores e florestais, Instituições I&D	Política de investigação, formação e comunicação	✓			€	++	●●●	Local/regional
	AF4.2 – Investigação, formação e divulgação de técnicas de rega mais eficiente	MAMAOT, Assoc. de agricultores, Instituições I&D	Política de investigação, formação e comunicação	✓			€	++	●●●	Local/regional
	AF4.3 – Desenvolvimento de estudos específicos para as culturas permanentes	MAMAOT, Assoc. de agricultores, Instituições I&D	Política de investigação	✓			€	++	●●●	Local/regional
	AF4.4 - Investigação de variedades florestais mais adequadas às novas condições climáticas	ICNF, Assoc. florestais, Instituições I&D	Política de investigação	✓			€	++	●●●	Local/regional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto: ++ positivo e significativo +++ positivo e muito significativo; Prioridade ●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

6.4.6 Considerações finais

Para responderem com sucesso às alterações climáticas os produtores agrícolas e florestais vão ter que se adaptar modificando os seus sistemas de ocupação e uso dos solos e as respetivas tecnologias de produção.

Algumas destas modificações irão sendo adotadas de forma gradual e espontânea sem que para o efeito seja necessário contar com incentivos públicos específicos. No entanto, os produtores agrícolas da UE, em geral, e os portugueses, em particular, não vão poder abordar sozinhos a problemática das alterações climáticas.

O combate às produções climáticas só muito recentemente começou a ser equacionado no contexto da Política Agrícola Comum (PAC) e, quase exclusivamente, do ponto de vista da mitigação dos respetivos impactos negativos.

De facto, o tipo de apoios públicos que têm vindo a ser identificados nos últimos tempos no contexto da PAC inserem-se, no essencial, no contexto de cada uma das três formas diferentes como a agricultura pode contribuir para reduzir as alterações climáticas:

- Reduzindo as suas emissões de GEE;
- Promovendo a respetiva função de sequestro de carbono;
- Contribuindo para a produção de energias renováveis e de biocombustíveis.

No futuro, as políticas públicas da UE terão que passar também a dar o apoio necessário para que os agricultores ajustem as suas estruturas agrícolas e os respetivos métodos de produção, de forma a se adaptarem às novas condições que irão resultar do processo de alterações climáticas em curso.

Uma PAC capaz de responder ao desafio das alterações climáticas, terá que assentar num conjunto coerente e eficaz de medidas de política integradas nos três seguintes tipos de apoios públicos orientados para:

- A estabilização dos preços e dos rendimentos agrícolas;
- A produção de bens públicos rurais;
- A promoção de investimentos privados e públicos de inovação, modernização e diversificação agrícola e rural.

No debate em curso sobre o futuro da PAC o combate à alterações climáticas assume uma importância decisiva no contexto de bens públicos rurais, conjuntamente com a biodiversidade dos solos agrícolas, as paisagens agrícolas, a disponibilidade e qualidade da água, a funcionalidade dos solos, a qualidade do ar e a resiliência às inundações e aos fogos.

O peso que as medidas de mitigação e adaptação das atividades agrícolas e rurais às alterações climáticas irá assumir no contexto da PAC pós 2013 e o tipo de medidas que irão ser adotadas para a sua implementação irá depender, em última análise, das orientações estratégicas que venham a ser adotadas no futuro no âmbito do processo de reforma da PAC.

Estamos convictos de que, qualquer que seja o cenário futuro de evolução da PAC, o combate às alterações climáticas tenderá sempre a constituir um eixo de desenvolvimento estratégico relevante, dependendo, no entanto, a sua maior ou menor amplitude, a sua maior ou menor integração no contexto das ações a desenvolver e a natureza dos apoios públicos em causa, da importância que venha a assumir no futuro a visão multifuncional do papel da agricultura no contexto da UE.

6.5 Produção de energia elétrica

6.5.1 Introdução

Uma parte importante da adaptação aos impactos das alterações climáticas diz respeito às medidas a adotar para garantir o funcionamento de infraestruturas com durações de vida útil geralmente longas, da ordem de várias dezenas de anos. As infraestruturas do setor energético estão nesta categoria.

Em termos de vida útil, as barragens hidroelétricas são construídas para durações superiores a 100 anos, as centrais térmicas, a carvão, gás natural ou nucleares, funcionam entre 40 a 50 anos, as infraestruturas de transporte – redes elétricas, oleodutos e gasodutos – têm uma vida da ordem de 40 anos e as refinarias, entre 20 e 30 anos. O impacto das alterações climáticas far-se-á sentir de várias maneiras sobre todas estas infraestruturas, modificando as condições de produção e transporte de energia.

Grande parte dos impactos sobre as infraestruturas energéticas estará ligada às modificações induzidas pelas alterações climáticas no ciclo da água, uma vez que o setor energético é fortemente dependente do recurso água, sobretudo para produção hidroelétrica e para arrefecimento das centrais térmicas.

O impacto das alterações climáticas dependerá do tipo de infraestrutura e da sua localização, designadamente em resultado de: i) modificação dos regimes de precipitações, provocando uma modificação dos regimes sazonais, anuais e interanuais dos escoamentos com impacto na produtividade dos aproveitamentos hidroelétricos; ii) períodos secos mais frequentes, prolongados e severos, refletindo-se em menores caudais fluviais e temperaturas mais elevadas da água utilizada no arrefecimento de centrais térmicas podendo, em virtude da regulamentação relativa à temperatura máxima de rejeição dessa água, impor a redução da produção ou forçar a paragem

temporária da central; iii) maior frequência e severidade de cheias, aumentando o risco de inundação das instalações; iv) elevação do nível da água do mar e aumento do risco de inundações em infraestruturas localizadas junto à costa; v) maior frequência e intensidade de temporais, com impacto sobre o regime de agitação marítima, aumentando o risco de danos nas instalações *off-shore* de produção de energia, tais como equipamentos de aproveitamento de energia das ondas ou geradores eólicos.

A vulnerabilidade de cada infraestrutura de produção dependerá em parte da sua localização, pois os cenários apontam para uma diferenciação regional das alterações climáticas. Este facto salienta a importância de melhorar a resolução espacial dos modelos de cenarização de modo a dispor de previsões do clima numa malha geográfica mais apertada.

No que se refere ao setor elétrico, tendo em conta as tendências resultantes dos cenários climáticos e as atuais tecnologias de produção, são de esperar maiores condicionamentos na produção de energia em períodos de verão por generalização da instalação de equipamentos climatização. Como se prevêem, por outro lado, aumentos significativos do consumo de energia elétrica nesses mesmos períodos, devido a maiores necessidades de arrefecimento em edifícios, um efeito indireto dos impactos mediados pela água sobre os centros produtores será uma maior dificuldade em garantir o equilíbrio permanente entre produção e consumo no sistema elétrico e uma maior complexidade na sua gestão global.

6.5.2 Breve caracterização do setor energético em Portugal. Produção de energia elétrica

Portugal não dispõe de recursos em combustíveis fósseis, pelo que as fontes primárias utilizadas para a produção de energia ou são importadas – caso do petróleo, do carvão e do gás natural – ou, no caso dos recursos endógenos, são do tipo renovável – caso da água, do vento, do sol, da biomassa florestal e dos resíduos. Não há produção (no sentido de extração) de petróleo, gás ou carvão, mas apenas receção, verificando-se ainda transformação (refinação) de petróleo bruto em produtos refinados e regaseificação de gás natural recebido sob a forma de gás liquefeito. Na cadeia de extração e transporte de combustíveis fósseis, os impactos das alterações climáticas mediados pela água podem vir a ser relevantes nas plataformas de prospeção *off-shore* de petróleo e gás e nos terminais de liquefação de gás natural e carga de metaneiros, em ambos os casos decorrentes de aumento da agitação marítima. Será possível, também, que aumentem os incidentes de interrupção de transporte de petróleo ou gás em oleodutos ou gasodutos que atravessem regiões sujeitas a inundações, por aumento da frequência ou gravidade destas inundações. Todas estas ocorrências terão, contudo, um efeito pouco sensível sobre a produção de energia em Portugal comparadas com outras causas, nomeadamente de ordem geopolítica, e em relação às quais a solução tem sido,

desde há anos, a diversificação geográfica das fontes e rotas de abastecimento. Pelas razões sumariamente expostas, a importância dos impactos das alterações climáticas mediados pela água sobre o setor da produção de energia, em Portugal, verifica-se, de facto, no subsector de produção de energia elétrica, pelo que é sobre este que se irá concentrar a análise.

O consumo anual de energia elétrica, no Continente, foi de 50,5 TWh em 2011, registando a maior quebra anual até hoje verificada em Portugal, 3,2% ou 2,3%, com correção dos efeitos de temperatura e número de dias úteis. Até Setembro de 2012 o consumo tinha continuado a baixar (cerca de 3,3% em relação ao período homólogo de 2011).

A ponta anual verifica-se normalmente em janeiro ou dezembro, tendo atingido 9192 MW em janeiro de 2011, cerca de 200 MW abaixo do máximo histórico registado em 2010 (em janeiro de 2012, a ponta baixou novamente para 8541 MW, inferior em 7% à ponta de 2011). Em junho/julho há um pico relativo “de verão”, inferior à ponta anual em cerca de 1000 a 2000 MW. A diferença entre pontas de verão e de inverno tem vindo a reduzir-se por via do aumento do consumo de verão em instalações de ar condicionado. Também os consumos nos meses de julho têm vindo a crescer a uma taxa superior à taxa de crescimento do consumo anual. Esta evolução não é irrelevante para a análise, a longo prazo, dos impactos mediados pela água, tendo presente: i) a previsão de redução dos caudais gerados e a quebra progressiva do escoamento, principalmente durante o verão, com a consequente redução de produtividade hidroelétrica nesse período; ii) as potenciais limitações à produção de algumas centrais térmicas por efeito combinado de redução de caudais, aumento da temperatura da água de arrefecimento e obrigação de cumprimento dos limites de temperatura da água de rejeição; iii) a necessidade de equilíbrio instantâneo e permanente entre produção e consumo de energia elétrica.

A capacidade total instalada a 31 de dezembro de 2011 era de 18 901 MW. Como é típico de sistemas com forte componente hídrica, a relação entre capacidade instalada e ponta anual é elevada: nessa data cifrava-se praticamente em 100%. Este valor é superior ao habitualmente encontrado devido ao efeito combinado da entrada em serviço, no fim de 2009, de 870 MW numa central de ciclo combinado a gás natural, da entrada em serviço, em 2011, de mais 830 MW noutra central de ciclo combinado, do aumento gradual da potência eólica desde 2007 e da redução de consumo verificada em 2011. Com este crescimento da potência instalada, decréscimo ou aumento muito lento dos consumos e nova capacidade hidroelétrica, em construção ou já concessionada, a relação terá tendência a manter-se elevada.

No setor eletroprodutor português coexistem dois tipos de centrais: as Centrais de Produção em Regime Ordinário e as Centrais de Produção em Regime Especial. No regime ordinário incluem-se as

hidroelétricas com potência superior a 10 MW totalizando 4980 MW a 31 de dezembro de 2011 (26,4% da potência total instalada). No regime especial, incluem-se as mini-hídricas (potência menor ou igual a 10 MW) totalizando 412 MW na mesma data (2,2% da potência total instalada).

As centrais do regime ordinário, hídricas e térmicas, funcionam quase todas em regime de mercado, embora beneficiem da proteção dos chamados Custos de Manutenção do Equilíbrio Contratual (CMEC). O direito aos CMEC termina em 2016. A partir desse ano passam a vender energia em regime de mercado puro. Por outro lado, existem desde setembro de 2012 quatro centrais em regime de mercado puro, uma hídrica (Alqueva) e três térmicas, de ciclo combinado a gás natural (Ribatejo, no Carregado, Lares, junto à Figueira da Foz, e Pego, perto de Abrantes). Duas centrais do regime ordinário mantêm-se ainda ao abrigo de Contratos de Aquisição de Energia (CAE) com a REN:

- Pego, junto ao Tejo, perto de Abrantes, térmica a carvão, com 600 MW e contrato até 2021;
- Tapada do Outeiro, junto ao Douro, perto de Gondomar, térmica, de ciclo combinado a gás natural, com 990 MW e contrato até 2024.

Em 2010, cessou a utilização da central a *fuel*/gás natural do Carregado, com uma potência instalada de 750 MW (embora sem uma desativação formal) e até final de 2012 será desativada a central a *fuel* de Setúbal (última central a *fuel*), com uma potência instalada de 1000 MW. Nessa data deixará de existir qualquer central do regime ordinário funcionando com derivados de petróleo.

Por outro lado, está licenciada a construção, na Figueira da Foz e em Sines, de mais duas grandes centrais térmicas, a gás natural, cada uma com cerca de 800 MW; contudo, atendendo à redução dos consumos desde 2010, e à incerteza quanto às possibilidades e horizonte de inversão desta tendência, a construção de qualquer delas está adiada *sine die*.

A introdução do regime de concorrência na atividade de produção de energia elétrica veio tornar mais complexa a coordenação da exploração do sistema elétrico, por razões de natureza comercial, com reflexo importante na gestão das centrais hídricas portuguesas situadas em rios internacionais, a jusante de centrais espanholas (particularmente no Douro e no Tejo).

As centrais em regime especial incluem a cogeração (a gás natural ou resíduos) e as que utilizam recursos renováveis (mini-hídricas, eólicas, fotovoltaicas, resíduos sólidos urbanos); caracterizam-se por beneficiarem de preços subsidiados e terem prioridade no fornecimento de energia à rede; o regime intermitente das centrais eólicas obriga a dispor de elevada potência de reserva, quer hídrica, quer térmica, e é particularmente importante o desenvolvimento da potência eólica que no final de 2011 atingia 4080 MW (21,6% da potência total instalada).

O sistema português está interligado com o sistema espanhol e, através dele, com o resto da rede europeia. A capacidade de interligação Portugal-Espanha tem aumentado, facilitando as trocas

comerciais nos dois sentidos, prevendo-se novas interligações nos próximos anos. Em contrapartida, a ligação Espanha-França é muito débil comparada com o consumo de qualquer dos dois países. Prevê-se que seja ampliada com a entrada em serviço, em 2014, de uma nova interligação, o que melhorará a situação embora ainda longe do desejável. A península ibérica está assim relativamente “isolada” em termos elétricos do resto da Europa, o que restringe a dimensão do apoio possível em situações críticas.

Nos últimos anos a expansão do sistema produtor português tem-se caracterizado por um aumento acelerado da potência eólica (o mesmo se verificando em Espanha). Em 2011, a produção eólica cobriu 17,8% do consumo total, sendo relativamente inferior à produção hídrica em regime ordinário (21,4%), embora 2011 tenha sido um ano de hidraulicidade ligeiramente abaixo da média, com um índice de produtividade hidroelétrica de 0,92 (o índice 1,00 corresponde ao chamado ano “médio”). De qualquer modo, em 2011 e pela primeira vez, a produção eólica baixou em relação ao ano anterior, apesar do aumento de 376 MW da potência ligada à rede.

Os três anos de 2009, 2010 e 2011 correspondem a uma alternância de hidraulicidade importante (2009 com índice 0,77, 2010 com índice 1,31 e 2011 com índice 0,92) pelo que a cobertura do consumo a partir de produção hidroelétrica foi irregular. Na década 2002-2011 só se verificaram dois anos “húmidos”: 2003, com índice 1,33, e 2010, com índice 1,31. O ano mais “seco” foi 2005, com índice 0,41. De 2010 para 2011, o aumento da produção do regime “especial” foi pequeno e deveu-se essencialmente ao aumento da cogeração. A satisfação dos consumos em 2010 e 2011 é apresentada no Quadro 13, onde transparece a forma como as características hidrológicas do ano se refletem na produção hidroelétrica e na sua contribuição para a satisfação dos consumos: apesar de um aumento de 402 MW na potência hidroelétrica instalada em 2011 (reforços de Picote e Bemposta), a redução do índice de produtividade de 1,31 para 0,92 traduziu-se numa diminuição da produção hidroelétrica em 4421 GWh (total do regime ordinário e especial).

A potência instalada a 31 de dezembro de 2010 e 2011 e as correspondentes pontas máximas anuais são apresentadas no Quadro 14.

Quadro 13 – Sistema produtor. Satisfação do consumo

Ano	2011		2010	
	GWh	%	GWh	%
Índice de Produtibilidade Hidroelétrica	0,92		1,31	
PRODUÇÃO REGIME ORDINÁRIO	30 243	59,9	32 169	61,7
HIDRÁULICA	10 808	21,4	14 869	28,5
TÉRMICA	19 434	38,5	17 299	33,0
Carvão	9 128	18,1	6 553	12,6
Gás Natural (ciclo combinado)	10 315	20,4	10 700	20,5
Fuel/Gasóleo	-9	0,0	47	0,1
PRODUÇÃO EM REGIME ESPECIAL	18 185	36,0	17 924	34,3
Hidráulica	1 019	2,0	1 379	2,6
Térmica	7 901	15,7	7 313	14,0
Eólica	9 003	17,8	9 024	17,3
Fotovoltaica	262	0,5	207	0,4
SALDO IMPORTADOR	2 813	5,6	2 623	5,0
BOMBAGEM HIDROELÉTRICA	-737	-1,5	-512	-1,0
CONSUMO TOTAL (excl. bombagem)	50 503	100,0	52 204	100,0

Quadro 14 – Sistema produtor. Potência instalada a 31 de dezembro

Ano	2011		2010		2011-2010
	MW	%	MW	%	MW
PONTA MÁXIMA ANUAL	9 192	48,6	9 403	52,5	-211
POTÊNCIA TOTAL INSTALADA	18 901	100,0	17 920	100,0	981
POTÊNCIA REGIME ORDINÁRIO	12 387	65,5	11 985	66,8	402
CENTRAIS HIDROELÉTRICAS	4 980	26,4	4 578	25,6	402
CENTRAIS TERMOELÉTRICAS	7 407	39,1	7 407	41,3	0
Carvão	1 756	9,3	1 756	9,8	0
Gás Natural	3 829	20,2	3 829	21,4	0
Fuel+Fuel/Gás natural	1 657	8,7	1 657	9,2	0
Gasóleo	165	0,9	165	0,9	0
POTÊNCIA EM REGIME ESPECIAL	6 514	34,5	5 935	33,2	579
Térmica/Cogeração	1 866	9,9	1 698	9,5	168
Mini-hídricas	412	2,2	410	2,3	2
Eólicas	4 081	21,6	3 705	20,7	376
Fotovoltaicas	155	0,8	122	0,7	33
Energia das Ondas	0	0,0	0	0,0	0

Entre 2011 e 2014, a potência total instalada pode, eventualmente, diminuir em resultado da desclassificação, em final de 2012, das centrais térmicas de Carregado e Setúbal, com uma potência

total de cerca de 1650 MW, praticamente sem funcionar no período de janeiro a setembro de 2012. A nova capacidade do regime “ordinário” a entrar em serviço será apenas hídrica, da ordem de 500 MW, correspondente ao reforço de potência em Alqueva e às novas centrais do Baixo Sabor e de Ribeiradio. Pode também concretizar-se algum aumento de potência eólica, fotovoltaica e de cogeração, mas de expressão reduzida. Para 2015, estava prevista a entrada de mais 1213 MW hídricos, parte dos quais poderá ser diferida atendendo à conjuntura económica e à incerteza quanto à evolução do consumo (energia e ponta). Assim, mesmo adiando alguns projetos, a margem de reserva manter-se-á elevada, garantindo a resiliência global do sistema aos impactos das alterações climáticas, designadamente os mediados pela água.

Além das duas novas centrais térmicas referidas em 6.5.2 e do aumento significativo da potência eólica, foi lançado um programa ambicioso para o subsector hidroelétrico: reforços de potência em seis centrais em serviço e construção de dez novos aproveitamentos, quase todos com bombagem. Contudo, a relação energia-potência do novo parque hidroelétrico, em ano médio, será apenas de 19% (utilização da potência instalada limitada a pouco mais de 1600 horas anuais), bastante inferior aos 27% do parque em exploração, isto é, os novos grupos estão vocacionados para utilização em horas de ponta e para bombagem (noturna) de excedentes eólicos. Destinam-se a fornecer uma energia “de qualidade” e não “de quantidade”, pelo que uma avaliação dos impactos das alterações climáticas baseada somente nos valores do índice anual de produtividade hidroelétrica é insuficiente porque não tem em atenção a eventualidade de potenciais dificuldades nos meses de verão. As dificuldades resultam de uma redução de escoamentos nesses períodos, acompanhada de um acréscimo de retiradas de água para outros usos. Estas condições podem ser circunstancialmente agravadas quando conjugadas com um baixo índice de eolicidade nos mesmos períodos, o que reduz a energia disponível para bombagem e aumenta a probabilidade de ocorrência de situações críticas.

A lista dos novos projetos hidroelétricos está resumida no Quadro 15.

Quadro 15 – Novos projetos hidroelétricos. Situação em setembro de 2012

Aproveitamento	Bacia	Tipo	Potência Total (MW)	Produtibil. média anual (GWh)	Fator Utiliz. (%)	Bombg.	Entrada em serviço	Empresa
Baixo Sabor	Sabor	Nova	172	444	29,6	Sim	2014	EDP
Ribeiradio	Vouga	Nova	74	134	19,9	Não	2014	EDP
Foz Tua	Tua	Nova	254	585	26,6	Sim	2015	EDP
Fridão	Tâmega	Nova	238	295	14,1	Não	2016	EDP
Alvito	Tejo	Nova	225	370	18,7	Sim	desconhecida	EDP
Picote II	Douro	Reforço	246	239	11,1	Não	em serviço	EDP
Bemposta II	Douro	Reforço	191	134	8,0	Não	em serviço	EDP
Alqueva II	Guadiana	Reforço	256	381	17,0	Sim	2012	EDP
Venda Nova III	Cávado	Reforço	746	1 273	19,7	Sim	2015	EDP
Salamonde II	Cávado	Reforço	207	274	15,3	Sim	2015	EDP
Paradela II	Cávado	Reforço	318	616	22,1	Sim	2021	EDP
Gouvães	Tâmega	Nova	660	1 128	19,5	Sim		Iberdrola
Padroselos	Tâmega	Nova	230	469	23,3	Sim		Iberdrola
Alto Tâmega	Tâmega	Nova	127	142	12,8	Não		Iberdrola
Daivões	Tâmega	Nova	118	161	15,6	Não		Iberdrola
Girabolhos	Mondego	Nova	365	830	26,0	Sim	Prevista para 2015	Endesa
		TOTAL	4 426	7 474	19,3			

Se for instalada toda a capacidade anunciada nas novas centrais e nos reforços de potência, a potência hidroelétrica total praticamente duplicará. Com exceção do reforço de Alqueva e das novas centrais do Alvito, Ribeiradio e Girabolhos, toda a nova potência será instalada na região Norte, a norte do Douro, isto é, na região para a qual os cenários de alterações climáticas projetam um ligeiro aumento de precipitação média anual.

6.5.3 Impactos das alterações climáticas mediados pela água na produção de energia elétrica

Os impactos mais relevantes sobre as instalações de produção de energia elétrica, em termos globais e qualitativos, traduzem-se em:

a) No caso das centrais termoelétricas:

- Aumento das cotas de inundação na faixa costeira, decorrentes de variação do nível do mar, com aumento da superfície costeira inundável e potencial dano sobre instalações aí localizadas;

- Aumento da intrusão salina em bacias de maré, com agravamento dos impactos sobre a qualidade da água utilizada em centrais térmicas cuja localização seja sensível a esse fenómeno;
- Maior frequência de ocorrência de situações de elevação da temperatura da água de arrefecimento suscetíveis de afetar o funcionamento da central;
- Maior probabilidade de ocorrência de cheias que, consoante a localização da central, podem afetar o seu funcionamento, designadamente obrigando à sua paragem total.

b) No caso das centrais hidroelétricas:

- Maior variação, em termos médios, da produtividade anual e conseqüente disponibilidade hídrica;
- Aumento do risco de precipitações intensas e de cheias, com aumento dos caudais de ponta, e aumento da duração dos períodos secos, em ambos os casos implicando maior risco de situações críticas para a produção hidroelétrica e conseqüente necessidade de adaptação dos critérios de exploração e segurança do sistema eletroprodutor.

Nas zonas costeiras, os fenómenos mais importantes com relevância para instalações energéticas são a subida do nível médio da água do mar e a eventual modificação do regime de ondulação marítima, o que pode traduzir-se numa modificação da frequência e intensidade de inundações costeiras afetando as instalações localizadas nessas zonas. Uma ocorrência simultânea de níveis elevados de sobrelevação, praia-mar de águas vivas e precipitação intensa pode causar inundações e danos significativos nas tomadas de água ou nas próprias instalações principais de centrais termoelétricas junto à costa. Na costa portuguesa, as tendências projetadas para finais do século XXI apontam para uma manutenção da altura média anual das ondas, mas para um agravamento dos temporais, quer no inverno, quer no verão.

No Continente, há algumas instalações suscetíveis de serem afetadas por aquele tipo de impactos, embora não todas responsáveis diretamente pela produção de energia. São elas:

- No setor petrolífero, as refinarias de Sines e de Matosinhos;
- No setor do gás natural, o terminal metaneiro de Sines;
- No setor elétrico, a central termoelétrica a carvão de Sines (1200 MW).

As duas novas centrais termoelétricas, previstas para a Figueira da Foz e Sines, estarão também situadas junto à costa e serão arrefecidas, em circuito aberto, com água do mar.

Pela sua localização em termos de cota e de afastamento da linha de costa, nenhuma das instalações existentes ou projetadas se considera diretamente em situação de risco de incidente por subida gradual do nível do mar. Contudo, um agravamento significativo da agitação marítima pode

aumentar a frequência ou duração de situações de perturbação ou interrupção das condições de descarga de carvão e de gás natural destinados ao setor energético. Nestes casos, não são apenas afetadas as centrais junto à costa mas todas as que utilizam esses combustíveis, embora a existência de reservas estratégicas, impostas internacionalmente, e o abastecimento alternativo de gás natural por gasoduto reduzam consideravelmente o seu impacto sobre o sistema produtor.

As centrais com refrigeração em circuito aberto utilizando água do mar podem estar sujeitas a incidentes causados por afluências anormais de algas à bacia de adução e aos equipamentos de filtragem resultantes de uma combinação desfavorável de temperatura da água, vento forte e acentuada ondulação marítima. Esses incidentes, até hoje raros, podem causar danos nos sistemas de filtragem e impor inclusivamente a paragem de alguns grupos. As alterações climáticas podem elevar a frequência de ocorrência destes incidentes para os quais, no entanto, há medidas de adaptação.

A intrusão salina na bacia de maré do Tejo, hoje com efeitos esporádicos sobre as duas centrais localizadas nos terrenos do Carregado (uma entretanto desativada), pode acentuar-se de futuro, traduzindo-se em menor disponibilidade de água doce para utilização na caldeira.

No que se refere à precipitação e ao escoamento, os cenários regionais desenvolvidos no âmbito do SIAM apontam para alterações dos caudais gerados e alterações na sua distribuição sazonal. É de esperar um aumento da precipitação global de inverno, embora com redução nos últimos meses da estação húmida, e uma redução acentuada no resto do ano, especialmente no centro e sul do país. Em geral, prevê-se um pequeno aumento da precipitação anual nas bacias do norte e uma redução acentuada no centro e sul. Mesmo na região Norte, prevê-se uma redução anual de precipitação, em especial na zona seca do Douro interior (Santos *et al.*, 2002).

A diminuição de precipitação, combinada com o acréscimo de retiradas de água para a agricultura e para usos industriais e domésticos e, no caso particular das bacias do Douro e do Tejo, com a diminuição de caudais afluentes de Espanha, levará a uma redução dos caudais gerados e a uma redução progressiva do escoamento anual. Essa redução poderá atingir valores da ordem de 20% na bacia do Douro, 15 a 30% nas bacias do Vouga e do Mondego, 10 a 30% na bacia do Tejo e até 62% nas bacias do Sado e do Guadiana.

O aumento das assimetrias espaciais e temporais da água disponível obrigará a uma adaptação dos critérios de exploração das centrais hidroelétricas e dos critérios de gestão global do sistema eletroprodutor interligado.

Apesar destas tendências, globalmente desfavoráveis para a produção hidroelétrica, a repartição espacial e as características – sobre-equipamento e capacidade de bombagem - de grande parte dos

aproveitamentos hidroelétricos atuais e futuros, vai no sentido de uma adaptação aos impactos desfavoráveis, como mostram o Quadro 15, apresentado anteriormente, e o Quadro 16, ambos estabelecidos na base de informações da EDP.

Recordando os valores do Quadro 15, verifica-se que, em relação aos reforços de potência e aos novos aproveitamentos, apenas 19% da potência e 21% da energia se localizam nas regiões Centro e Sul; os restantes localizam-se na região Norte. Tendo em conta apenas as centrais e grupos existentes a 31 de dezembro de 2011, 95% da potência e 97,6% da produtividade média anual localizam-se nas regiões Norte e Centro e apenas 5% da potência e 2,4% da produtividade na região Sul. No Quadro 16 mostra-se a sua repartição por bacia hidrográfica e as principais características.

Quadro 16 – Principais centrais hidroelétricas a 31 de dezembro de 2011

Bacia hidrográfica	Nº de centrais	Nº de grupos	Capacid. útil (GWh)	Produtibilidade média anual ⁽¹⁾		Potência instalada		Utilização anual da potência instalada ⁽²⁾	
				(GWh)	(%)	(MW)	(%)	Horas	(%)
Cávado-Lima	10	21	1.742	2.712	24,2	1.329	26,5	2.041	23,3
Douro	12	34	129	6.215	55,4	2.388	47,6	2.603	29,9
Tejo-Mondego	15	38	615	2.023	18,0	1.059	21,1	1.910	21,8
Guadiana	1	2	442	269	2,4	240	4,8	1.121	12,8
Total	38	93	2.928	11.219	100,0	5.016	100,0	2.237	25,7
Albufeiras	22	49	2.928	4.717	42,0	2.537	50,6	1.859	21,2
s/ bombagem	17	39	2.176	3.607	32,2	1.567	31,2	2.302	26,3
c/ bombagem	5	10	753	1.110	9,9	970	19,3	1.145	13,1
Fios-de-água	14	46	0	6.502	58,0	2.479	49,4	2.623	30,1
Total	36	95	2.928	11.219	100,0	5.016	100,0	2.237	25,7

⁽¹⁾ Valores médios da série de aflúncias de 1956 a 1995;

⁽²⁾ Utilização média anual da potência instalada (série 1956-1995)

As tendências, regionalizadas, projetadas para o escoamento, em resultado das alterações climáticas, não parecem suscetíveis de afetar negativamente, por si só e em termos médios, a produção hidroelétrica. Contudo, nada se pode concluir quanto à irregularidade intra-anual das aflúncias, quanto à sequência de regimes secos e húmidos e quanto à gravidade dos fenómenos extremos. O previsível aumento da estação seca e a maior frequência de fenómenos extremos neste período permite antecipar que será nele que se poderão registar os impactos mais críticos.

Um aspeto negativo para a evolução da produtividade hidroelétrica decorre da importância dos aproveitamentos do Douro nacional, todos a fio-de-água, praticamente sem capacidade de regularização e cuja produção depende fortemente da exploração dos aproveitamentos espanhóis, a montante, no troço principal e nos afluentes. O aumento gradual dos consumos na bacia espanhola do Douro, conjugado com a necessidade de mitigar os impactos das alterações climáticas, evidencia

o interesse estratégico de uma reserva no Douro superior, em vias de concretização com a construção do aproveitamento do Baixo Sabor.

Acresce que, com as mudanças de organização do setor elétrico a partir de 1990, que impuseram uma desverticalização das grandes empresas elétricas e a introdução de um regime de concorrência na produção, ficaram fortemente limitadas as condições para uma coordenação de exploração e troca de informação entre empresas produtoras que eram a regra no contexto anterior. O novo quadro é particularmente desfavorável para as centrais hidroelétricas que, na cascata dos principais cursos de água, se situam a jusante dos aproveitamentos de empresas concorrentes que atuem no mesmo mercado. Estão nesta situação os aproveitamentos portugueses do Douro e do Tejo, situados a jusante de grandes complexos hidroelétricos de empresas espanholas. O caso de Alqueva, no Guadiana, não tem a mesma gravidade, atendendo à sua grande capacidade de armazenamento.

Em regime de mercado concorrencial, é natural que cada empresa procure gerir os seus aproveitamentos numa lógica de otimização empresarial - e não global - de acordo com o parque produtor hídrico, térmico convencional (e nuclear), de que é proprietária, tendendo a secundarizar critérios de otimização global de, por exemplo, todos os aproveitamentos de uma cascata, independentemente do seu proprietário. O mesmo se passa quanto à troca de informação entre empresas sobre critérios ou dados relevantes de exploração, considerados elementos comercialmente “sensíveis”. Em períodos críticos, designadamente quando da ocorrência de fenómenos extremos como os que se anteveem em consequência das alterações climáticas, o défice ou ausência de transmissão de informação de exploração aos aproveitamentos hidroelétricos de jusante pode ser um elemento penalizador de uma adequada gestão, técnica e económica desses aproveitamentos.

A caracterização mais detalhada dos riscos das alterações climáticas sobre as instalações de produção de energia e uma adequada valorização das medidas de adaptação passa sobretudo pela análise dos impactos dos episódios climáticos extremos, isto é, cheias e secas. Os impactos mais relevantes, tendo presente a situação e caracterização do parque produtor térmico e hídrico português, estão resumidos no Quadro 17 e no Quadro 18, respetivamente.

Algumas dessas situações já se verificaram nas centrais atuais e foram objeto de medidas corretivas, embora o acentuar das alterações climáticas venha tornar mais frequentes e intensos os fenómenos identificados, aumentando os riscos de reduções de rendimento, paragem parcial ou paragem total das instalações.

Quadro 17 – Centrais termoelétricas

Fenómeno	Efeitos	Impacto na produção de energia
Acréscimo da frequência e intensidade de cheias	Inundação da casa das bombas elevatórias Submersão de motores e bombas Inundação da central	Danificação de equipamentos Indisponibilidade de bombas Paragem de alguns grupos Paragem completa da central
Precipitações mais intensas e prolongadas	Inundação da Sala das Máquinas Inundação da central	Danificação de equipamentos Defeitos eléctricos em motores Paragem de alguns grupos Paragem completa da central
Acréscimo de fenómenos de acentuada ondulação marítima e ventos fortes	Afluência anormal de algas à bacia de adução ou às tomadas de água	Danos em sistemas de filtragem Disparo das bombas de circulação Paragem de alguns grupos Paragem completa da central
Agravamento da duração e intensidade de secas	Contaminação das cadeias de água desmineralizada Elevada salinidade e impossibilidade de uso da água para produção de água desmineralizada	Indisponibilidade de água desmineralizada Redução da produção da central
	Afluências insuficientes na fonte de água de arrefecimento Ultrapassagem da temperatura máxima da água na restituição Impossibilidade de garantir caudais médios semanais mínimos	Redução da produção da central Paragem completa da central

Quadro 18 – Centrais hidroelétricas

Fenómeno	Efeitos	Impacto na produção de energia
Precipitações mais intensas e prolongadas	Afluências elevadas por incapacidade de retenção dos aproveitamentos a montante; Redução da queda útil em consequência dos caudais descarregados Queda útil inferior ao permitido tecnicamente com garantia de bom funcionamento dos descarregadores de superfície	Paragem da central
Agravamento da duração e intensidade de secas	Afluências insuficientes	Paragem de alguns grupos Paragem completa da central

No caso das centrais térmicas, é impossível prever, de forma unívoca, a dimensão, gravidade e duração do impacto de um determinado incidente sobre a produção de energia. Na terceira coluna do Quadro 17, relativamente a cada fenómeno, os impactos estão ordenados, de cima para baixo, do menos grave para o mais grave (que é sempre a paragem completa da central), mas não é possível

afirmar antecipadamente que determinado incidente provocará inevitavelmente efeitos bem determinados. Por exemplo: consoante a gravidade de uma submersão de motores e bombas assim os danos se podem limitar à indisponibilidade de algumas bombas ou obrigar à paragem completa da central. Analogamente, uma afluência insuficiente na fonte de água de arrefecimento pode resolver-se com uma redução da produção da central ou obrigar à sua paragem completa.

Relativamente às centrais térmicas, não há registo de paragem total da instalação, mas prevê-se que as situações mais críticas, com implicações na disponibilidade dos grupos geradores, estarão associadas a episódios de cheias no rio Tejo e de precipitação intensa na zona do Carregado.

No caso das centrais térmicas da Tapada do Outeiro (Gondomar) e do Pego (Abrantes), foram raras as situações de baixos caudais de estiagem no Douro ou no Tejo com implicações no seu funcionamento e resolveram-se com redução da produção própria ou solicitando o apoio de turbinamentos de curta duração em centrais hídricas a montante. A intensificação da frequência e duração destes fenómenos pode necessitar de outras medidas de adaptação ou implicar a paragem da central.

Relativamente às centrais hídricas, os únicos episódios reportados estão relacionados com precipitação intensa e aumento de caudais, tendo tido sempre como impacto a paragem da instalação. O acréscimo da frequência e intensidade destes fenómenos, a menos que possa ser controlado pela capacidade de regularização de novos aproveitamentos a montante, terá as mesmas consequências e, eventualmente, um aumento do volume de sedimentos arrastados. O agravamento do fenómeno das secas e de baixos caudais de estiagem implicará menor tempo de funcionamento dos grupos e poderá traduzir-se num agravamento dos efeitos da eutrofização, com reflexo na necessidade de intervalos de tempo mais curtos entre duas limpezas sucessivas da albufeira.

6.5.4 Adaptação aos impactos das alterações climáticas

A reflexão sobre a adaptação do setor da produção de energia elétrica às alterações climáticas deve atender a três particularidades importantes do setor.

Em primeiro lugar, o setor vai ser (já está a ser) profundamente alterado na sua composição e exploração e nas tecnologias a restringir ou desenvolver - restrições às centrais a carvão e intensificação do recurso às renováveis - pela adoção de medidas de mitigação, essencialmente para reduzir emissões de gases de efeito estufa; as medidas de adaptação devem ter em conta as alterações resultantes dessas medidas de mitigação.

Em segundo lugar, a definição das medidas de adaptação deve distinguir entre centrais em serviço, para as quais a atuação se limitará a medidas de exploração ou, quando muito, a medidas de

adaptação ou correção marginal, e novas centrais a construir, para as quais a adaptação se pode e deve colocar ao nível da própria conceção.

Em terceiro lugar, o setor elétrico é um sistema complexo marcado por:

- Constrangimentos muito fortes de natureza ambiental, económica e de segurança;
- Consumo ao longo do ano muito influenciado pelos aspetos climáticos, designadamente de temperatura;
- Necessidade de equilíbrio instantâneo e permanente entre produção e consumo; ausência de capacidade direta de armazenamento de energia elétrica;

Até agora as medidas de adaptação foram tomadas de forma casuística, por reação aos acontecimentos (adaptação espontânea). A passagem a uma abordagem estratégica, integrando os impactos das alterações climáticas nos processos de planeamento e gestão dos centros produtores e definindo a oportunidade e âmbito das medidas com base nos resultados assim obtidos, é prejudicada pelas limitações na qualidade dos conhecimentos, na disponibilidade de informação e nos instrumentos de apoio à decisão. Mesmo assim, a probabilidade de as alterações climáticas e, sobretudo, a maior frequência de ocorrência de fenómenos extremos, causarem prejuízos económicos elevados nas instalações de produção recomenda que se tentem avaliar os riscos para as infraestruturas, ao longo da sua vida útil, de forma a mitigar ou prevenir esses danos.

A metodologia a utilizar passa por uma generalização do recurso à abordagem probabilística nos modelos de planeamento e à tomada de decisões em contexto de incerteza, o que pode exigir modificações em numerosos aspetos. Por exemplo, até hoje, tem sido suficiente analisar séries de dados e situações extremas do passado; passará a ser necessário considerar acontecimentos (sobretudo situações extremas) possíveis ou prováveis no futuro, associando-lhes probabilidades de ocorrência e quantificando intervalos de risco.

No caso particular do parque hidroelétrico, a adaptação requer o exercício de uma monitorização e documentação ao longo do tempo, um aperfeiçoamento da modelização (climática e hidrológica) e de possíveis formas de gestão e de projeto de infraestruturas, a documentação sistemática das ações de gestão e uma estrutura organizativa que quantifique o risco.

Para os centros electroprodutores, as medidas de adaptação aos impactos mediados pela água podem ser de dois tipos: medidas estruturais, através de alterações de configuração física, e medidas não estruturais, através de alterações de regras ou procedimentos de exploração. No caso dos aproveitamentos hidroelétricos, as principais medidas teoricamente suscetíveis de aplicação são:

(a)Medidas estruturais

- Desvio de caudais afluentes, a montante;

- Construção de novas albufeiras de armazenamento e regularização, a montante;
- Modificação das dimensões de condutas ou canais, de modo a reduzir as perdas de carga ou a aumentar as capacidades de descarga;
- Inclusão, no projeto da barragem, de descarregadores adicionais;
- Adição de comportas controláveis aos descarregadores livres;
- Alteração do número e tipo de turbinas.

(b) Medidas não estruturais:

- Desenvolvimento ou melhoria dos instrumentos de monitorização e previsão hidrológica;
- Desenvolvimento de novas tecnologias para monitorizar o comportamento das instalações e identificar formas de as explorar em diferentes condições climáticas;
- Alteração das regras e procedimentos de exploração da central;
- Melhoria da coordenação de exploração de um aproveitamento hidroelétrico com a de outros aproveitamentos na mesma bacia hidrográfica;
- Utilização mais frequente dos descarregadores de fundo para evacuação de sedimentos;
- Modificação de critérios de projeto de engenharia;

Nas instalações em exploração, é possível recorrer a adaptações operacionais, isto é, não estruturais; nas novas instalações deve ser na fase de projeto que se procede à integração das adaptações estruturais. Embora exista algum conhecimento sobre o qual basear essas adaptações, é necessário manter o esforço de I&D em climatologia e hidrologia e, simultaneamente, facilitar a transposição dos resultados das atividades de investigação para o planeamento, o projeto e a exploração dos aproveitamentos.

A adoção de medidas de adaptação pode ter de ultrapassar várias barreiras tais como a facilidade de manutenção do *status quo*, a existência de regras e procedimentos sedimentados e, sobretudo, os investimentos envolvidos. Na análise benefício-custo de determinada medida há uma clara assimetria entre os custos atuais, calculáveis e conhecidos, e o valor dos benefícios futuros, potenciais e incertos. O risco de investimentos precipitados ou de subdimensionamento de novos equipamentos é real. Tratando-se de infraestruturas com uma vida útil de várias décadas, não deslocalizáveis, funcionando em regime concorrencial num mercado ibérico - provavelmente integrado a médio prazo num mercado geograficamente mais amplo - a seleção das medidas de adaptação deve dar prioridade às que apresentem maior flexibilidade para ajustamentos subsequentes e que tenham em conta os fatores de incerteza reconhecidos, isto é, qualificáveis como *no-regret*. Por exemplo, em relação às centrais termoelétricas, estão nesta categoria o uso sistemático de proteções contra inundações, incluindo a introdução ou aperfeiçoamento de sistemas

de alarme, ou a garantia de existência de fontes alternativas de abastecimento de água desmineralizada.

6.5.5 Programas de medidas de adaptação relacionadas com a produção de energia

Como base de apoio essencial à definição e avaliação das medidas de adaptação, deve ser constituído um sistema de informação atualizável identificando os riscos específicos associados aos principais componentes e equipamentos de cada centro produtor hídrico ou térmico, decorrentes da sua exposição a desastres naturais, e os seus reflexos sobre a operacionalidade das instalações.

Nesse sentido, um dos programas fundamentais deve ter como objetivo último a avaliação do risco, para as instalações e operação das centrais, associado a fenómenos climáticos extremos, de modo a constituir um elemento de apoio à decisão sobre as medidas de adaptação a adotar.

Numa segunda fase, um outro programa deverá desenvolver modelos e critérios de planeamento e exploração que permitam integrar o risco para o negócio da produção de energia elétrica associado aos cenários mais prováveis de evolução do clima nas principais regiões onde se situam os centros produtores, sobretudo hidroelétricos.

Para melhor caracterização de riscos, os programas devem ter em conta o cruzamento de dados históricos, recolhidos pelas empresas, relativos ao tipo e data de fenómenos extremos com impacto na atividade das centrais, com elementos publicados ou existentes no Instituto de Meteorologia e na Autoridade Nacional de Proteção Civil, referentes a tendências desses fenómenos observadas no território nacional.

Conjugando os elementos disponíveis na EDP com um conjunto de indicações explicitadas pelo IPCC quanto aos principais efeitos previstos para a produção de energia elétrica face às mudanças de maior probabilidade nos fenómenos climáticos extremos até 2100, identificou-se um conjunto de possíveis medidas concretas de adaptação, agrupadas nos três programas seguintes.

Programa 1. Aumento da robustez do sistema produtor

Medida PEE 1.1 - Otimização da gestão, exploração, manutenção e períodos de paragem dos grupos, térmicos ou hídricos, tendo em conta o interesse económico resultante da evolução dos preços de mercado.

Medida PEE 1.2 – Revisão e alteração dos critérios de dimensionamento e projeto de certos órgãos ou estruturas dos aproveitamentos hidroelétricos. Esta medida deve incidir sobre o número e a capacidade dos descarregadores de cheias, a secção de condutas forçadas, a duplicação dos circuitos de alimentação ou a montagem de grupos *diesel* exclusivos para manobra dos descarregadores de superfície.

Medida PEE 1.3 – Aumento da capacidade de armazenamento de água e de regularização de caudais para laminagem das pontas de cheia e garantia de caudais mínimos em períodos de seca. Esta medida deve ser desenvolvida em articulação com os programas de exploração de novos aproveitamentos;

Medida PEE 1.4 - Reforço da potência dos aproveitamentos hidroelétricos em exploração, aumentando a capacidade de turbinamento em períodos curtos para cobertura de pontas, ou instalando equipamentos reversíveis (bombagem).

Programa 2. Gestão do risco de operação

Medida PEE 2.1 – Avaliação do desempenho dos descarregadores de cheia de barragens e eventual reforço da sua capacidade de descarga, se se anteciparem cenários climáticos potencialmente geradores de hidrogramas de cheia com valores mais elevados de caudal de ponta e de volume de cheia associados ao período de retorno de dimensionamento;

Medida PEE 2.2 – Avaliação do risco de inundação de centrais térmicas e eventual reforço das infraestruturas de proteção, nomeadamente através da construção ou reforço dos muros protetores das centrais contra cheias, da instalação ou melhoria dos sistemas de alarme e da garantia de stocks de armazém de componentes ou equipamentos mais suscetíveis de danificação por inundações;

Medida PEE 2.3 – Avaliação e tipificação dos riscos expectáveis associados às alterações climáticas, com particular atenção aos eventos extremos, identificando os fenómenos que poderão ter um impacto negativo na cadeia de valor da atividade de produção de energia elétrica, definindo o seu âmbito geográfico e escala temporal e desenvolvendo modelos e critérios de planeamento e exploração que permitam quantificar o seu impacto, designadamente económico, e integrar a sua análise na valorização de possíveis medidas de adaptação ou na avaliação de novos investimentos em centros produtores.

Programa 3. Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Medida PEE 3.1 - Melhoria do conhecimento das relações entre precipitação e produtividade hidroelétrica e aplicá-lo aos principais aproveitamentos em serviço ou projetados; integrar, na medida do possível, os efeitos dos critérios de exploração de outros centros produtores, a montante;

Medida PEE 3.2 – Compilação e organização de dados e informação relevante sobre os impactos das alterações climáticas no sistema de produção de energia elétrica. Pretende-se reunir e organizar os cenários hidrológicos e climáticos coligidos pelas várias entidades ligadas à monitorização e à

modelação para constituir uma base de informação fiável e coerente sobre as alterações climáticas e os seus efeitos, designadamente sobre a hidrologia;

Medida PEE 3.3 – Avaliação do risco de captação de algas nas centrais com refrigeração por água do mar. Pretende-se desenvolver modelos de previsão de afluência de algas em zonas costeiras, relacionando-a com as condições de ondulação, temperatura da água do mar e temperatura da água de rejeição dos circuitos de arrefecimento de centrais térmicas localizadas na orla marítima. As conclusões destes estudos devem servir para avaliar a utilidade de modificar ou instalar sistemas de filtragem, retenção e limpeza de algas nos sistemas de adução, nas centrais com refrigeração por água do mar, em circuito aberto;

Medida PEE 3.4 - Análise de situações de partilha da utilização de recursos hídricos e dos critérios de valorização relativa das várias utilizações, para verificar a sua sustentabilidade tendo em conta a alteração das disponibilidades hídricas e os reflexos potenciais no cumprimento dos objetivos de gestão dos recursos hídricos, incluindo a produção de energia hidroelétrica.

Síntese

O Quadro 19 apresenta uma síntese do programa e medidas de adaptação aos impactos relacionados com o setor de produção de energia elétrica.

Quadro 19 - Programas e medidas de adaptação. Produção de energia elétrica

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Aumento da robustez do sistema produtor	PE 1.1 - Otimização da gestão, exploração, manutenção e períodos de paragem dos grupos, térmicos ou hídricos	Empresas	Planos de exploração		√	√	€	+	●	Local / Nacional
	PE 1.2 - Revisão e alteração dos critérios de dimensionamento e projeto de certos órgãos ou estruturas dos aproveitamentos hidroelétricos	Empresas, APA	Regulamento de segurança		√		€	+++	●●	Local
			Regulamento de segurança de barragens	√	√					
	PE 1.3 – Aumento da capacidade de armazenamento de água e de regularização de caudais	Empresas, APA, Autarquias	Estratégia empresarial	√	√		€€€	+	●	Local / Nacional
PE 1.4 - Reforço da potência dos aproveitamentos hidroelétricos em exploração	Empresas	Estratégia empresarial	√	√		€€	+++	●●	Local / Nacional	
Gestão do risco de operação	PE 2.1- Avaliação do desempenho dos descarregadores de cheia de barragens e eventual reforço da sua capacidade de descarga	Empresas	Planos de segurança		√		€	+++	●●●	Local
	PE 2.2 - Avaliação do risco de inundação de centrais térmicas e eventual reforço das infraestruturas de proteção	Empresas	Planos de segurança		√		€	+++	●●●	Local
	PE.2.2– Avaliação e tipificação dos riscos expectáveis associados às alterações climáticas	Empresas	Planos de segurança	√			€	+++	●●●	Local

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	PE 3.1 - Melhoria do conhecimento das relações entre precipitação e produtividade hidroelétrica	Empresas, APA, Instituições I&D	Política de investigação	√	√	√	€	++	●●	Local / Nacional
	PE 3.2 – Compilação e organização de dados e informação relevante sobre os impactos das alterações climáticas no sistema de produção de energia elétrica	Empresas, APA, INMG, Instituições I&D	Planos de atividade	√		√	€	++	●●●	Local / Nacional
	PE 3.3 - Avaliação do risco de captação de algas nas centrais com refrigeração por água do mar	Empresas, INMG, APA, Instituições I&D	Planos de segurança	√		√	€	++	●●●	Local
	PEE 3.4 - Análise de situações de partilha de utilização de recursos hídricos e dos critérios de valorização relativa das várias utilizações	Empresas, APA, ICNF	Planos de Gestão de Recursos Hídricos		√	√	€	++	●●	Local / Regional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto: + positivo e significativo ++ positivo e muito significativo; Prioridade ●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

6.5.6 Considerações finais

A esmagadora maioria das medidas propostas para o setor de energia elétrica devem ser incluídas em vários planos operacionais das empresas produtoras de energia elétrica, nomeadamente planos estratégicos de desenvolvimento de negócio, planos de segurança e planos de continuidade de operação. Estes planos devem assumir uma visão abrangente e de longo prazo e serem objeto de uma revisão periódica, à medida que são disponibilizados novos dados. Ao incluírem exercícios de avaliação das oportunidades e ameaças, estes planos constituem-se como os instrumentos de execução das medidas de adaptação mais adequadas em cada momento.

As propostas aqui apresentadas devem ser conciliadas com as medidas a propor pelo grupo de trabalho da ENAAC responsável pelo setor energético que procura identificar as medidas de adaptação mais adequadas para os riscos associados às instalações do setor de energia ou, mais especificamente, da produção de energia elétrica. A análise de riscos efetuada abrange todos os riscos decorrentes das alterações climáticas, e não apenas os relacionados com os recursos hídricos. As instalações consideradas concentram-se nas centrais elétricas mas devem ter também em conta as redes de transporte e distribuição de eletricidade, as redes de transporte de gás e de produtos petrolíferos, as instalações de prospeção de gás e petróleo, assim como de produção e abastecimento de matérias-primas e de expedição de produtos petrolíferos. Dos trabalhos preliminares deste grupo de trabalho sobressaem, entre os riscos relacionados com a água, os riscos de inundação, de escassez hídrica para arrefecimento, de acumulação de algas e detritos nos sistemas de captação de água e instabilização de estruturas por deslizamento de terras na sequência de eventos pluviosos intensos.

6.6 Turismo

6.6.1 Introdução

O turismo é atualmente uma das atividades económicas mais importantes e com maior crescimento à escala mundial. A principal região turística do mundo é a Europa, que emprega cerca de 9 milhões de pessoas no setor. Há uma grande diversidade de motivações para as deslocações turísticas. O clima não só condiciona os fluxos turísticos como constitui frequentemente um fator determinante para as deslocações turísticas. Esta dependência do clima torna exetável que as alterações climáticas possam provocar no futuro variações significativas nos fluxos turísticos atuais. Higham e Hall (2005) consideram até que as alterações climáticas irão constituir o principal desafio da indústria do turismo ao longo do século XXI. Os produtos turísticos têm diferentes sensibilidades ao clima: Sol

e Mar e Golfe, por exemplo, têm muito maior sensibilidade do que o City Break, Turismo de Negócios e Turismo da Natureza. Smith (1993) designa as atividades turísticas correspondentes aos produtos mais sensíveis como dependentes do clima. Para fazer um estudo quantificado dos impactos das alterações climáticas nos produtos turísticos mais sensíveis ao clima utilizam-se indicadores de bem-estar ao ar livre, que envolvem as temperaturas média, máxima e mínimas diárias, a humidade relativa, a precipitação, o número de horas de sol e o vento. Os indicadores mais usados são o Índice Climático Turístico (TCI) e a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). As alterações climáticas provocam uma variação da percentagem média mensal dos períodos em que os referidos indicadores têm valores ótimos. Consequentemente a sazonalidade dos períodos em que há condições excelentes de bem-estar ao ar livre irá variar. Este tipo de estudo quantitativo permite fazer projeções sobre as tendências futuras de alteração da sazonalidade da procura dos produtos turísticos mais sensíveis ao clima, tais como Sol e Mar e o Golfe (PECAC, 2010).

A maior frequência de eventos meteorológicos e climáticos extremos, associada às alterações climáticas, tem uma forte influência sobre as atividades turísticas que, porém, é mais difícil de analisar quantitativamente.

Finalmente, há que considerar o efeito indireto sobre as atividades turísticas dos impactos sectoriais das alterações climáticas. Os principais setores nestas condições são os recursos hídricos, as zonas costeiras e a saúde humana. Nesta análise consideram-se apenas os recursos hídricos.

6.6.2 Breve caracterização do setor do turismo em Portugal

O setor do turismo contribui significativamente para a sustentabilidade da economia nacional atingindo percentagens do PIB superiores a 10% em alguns anos, como foi o caso de 2007, em que atingiu 10,7%. Tem também um contributo muito positivo para o equilíbrio da balança de pagamentos. No ano de 2007, as receitas externas do setor do turismo atingiram cerca de 9,4 mil milhões de euros, representando 5,8% do total dessas receitas. Uma parte maioritária dos Projetos de Interesse Nacional (PIN) é constituída por projetos de investimento no setor do turismo, representando 64,2% do total, com um valor próximo de 9 mil milhões de euros em 2008 (MAOTDR, 2009). Contudo Portugal tem vindo a perder quota de mercado no turismo mundial (passou do 13.º lugar em 2000 para o 20.º lugar em 2007) tendo sido ultrapassado por destinos que podem ser concorrentes, como é o caso da Turquia.

O turismo em Portugal apresenta uma forte sazonalidade, que em grande parte é provocada pelas características do clima. A procura turística apresenta um máximo nos meses de julho, agosto e setembro (cerca de 37% das dormidas na hotelaria em 2007), mais pronunciado no turismo interno do que no externo. Os produtos dependentes do clima, tais como Sol e Mar e Golfe, atraem a maior

parte dos turistas estrangeiros em Portugal. Na Região Autónoma da Madeira, oito dos dez mais importantes motivos de atração identificados pelos turistas estão relacionados com o clima (CLITOP, 2007). Em 2006, o produto Sol e Mar representou 41% das motivações dos turistas estrangeiros em Portugal, assumindo especial importância no Algarve, onde aquele valor atinge 88%. Os consumidores deste produto no nosso país provêm, principalmente, do Reino Unido (27%), Espanha (13%) e Alemanha (12%) (TP, 2007). De acordo com os operadores turísticos alemães, 70% dos seus clientes identificam Portugal como um destino de Sol e Mar (Lourenço e Casimiro, 2007). No que respeita ao produto Golfe, estima-se que o mercado europeu represente cerca de um milhão de viagens por ano para Portugal, esperando-se que este valor duplique até 2015. Em 2006, representava 6,3% das motivações dos turistas estrangeiros que visitaram Portugal. Os principais mercados europeus são o Reino Unido e a Alemanha, representando 25% e 23% do total das viagens, respetivamente. O produto Golfe tem conhecido uma forte expansão em Portugal, não só em termos do número de campos de golfe disponíveis, mas sobretudo de notoriedade a nível internacional pelas condições excelentes de prática do desporto e das respetivas infraestruturas. Em Portugal, cerca de 85% dos turistas são oriundos de Espanha, Reino Unido, França, Alemanha e Holanda. O impacto das alterações climáticas no turismo em Portugal será, pois, determinado em grande parte pela variação que aquelas alterações irão provocar nos fluxos turísticos europeus.

6.6.3 Impactos das Alterações Climáticas mediados pela água no Turismo

A água constitui um recurso essencial para as atividades turísticas e as alterações na sua disponibilidade, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo, constituem fatores que favorecem ou prejudicam essas atividades. As necessidades específicas de água para o setor do turismo são muito variadas e dispersas embora as principais se situem nas infraestruturas hoteleiras e nos campos de golfe. Importa salientar que o acesso generalizado a água de boa qualidade para consumo doméstico, na restauração, na hotelaria e nos serviços é um requisito essencial para um turismo seguro e sustentável no contexto europeu.

Os impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos foram abordados em secções anteriores, pelo que aqui apenas se referem as conclusões principais dessa análise relevantes para o setor do turismo. Uma das características mais significativas das alterações climáticas é a tendência de aumento do número de fenómenos meteorológicos e climáticos extremos. No que respeita à precipitação, isso implica uma maior frequência de eventos de chuva intensa, que aumentam o risco de inundações e de secas severas. As inundações mais frequentes constituem um risco grave para as populações e afetam várias atividades com grande valor económico, incluindo o turismo. Secas mais frequentes tendem a diminuir a qualidade da água e conseqüentemente podem ter impactos graves sobre o turismo se não forem tomadas medidas de adaptação adequadas.

Observa-se em Portugal, desde a década de 1960, um aumento da variabilidade da precipitação anual e uma diminuição do seu valor médio. Estas tendências agravam-se nos cenários climáticos futuros e apontam para um aumento da escassez de água em Portugal ao longo do século, especialmente no sul do país. Várias atividades sociais e económicas irão muito provavelmente ser afetadas por esta tendência de maior escassez de água, incluindo o setor do turismo. Alguns produtos turísticos exigem maior consumo de água, pelo que potencialmente são mais vulneráveis aos impactos da mudança climática. É o caso do golfe, em que uma elevada percentagem de campos é regada com água proveniente da rede pública de abastecimento, cuja exploração está a cargo das Câmaras Municipais ou de empresas. A Região Hidrográfica do Algarve é a mais vulnerável aos impactos das alterações climáticas mediados pela água no setor do turismo. Isso deve-se em grande parte à importância crescente das atividades turísticas naquela região e também às suas características geográficas e climáticas. O consumo de água no Algarve aumentou cerca de dez vezes desde meados do século XX e atualmente excede 25% do escoamento anual médio superficial e subterrâneo (MAOTDR, 2009). Devido principalmente à atividade turística, a procura de água no Algarve tem uma sazonalidade muito acentuada concentrando-se principalmente no verão e nas zonas costeiras. Estima-se que o consumo de água no setor do turismo no Algarve seja de aproximadamente 29 mil milhões de m³/ano e que o golfe contribua com cerca de 6,6 mil milhões m³/ano. Há um risco crescente de sobre-exploração dos aquíferos, de salinização dos aquíferos costeiros e de degradação das águas superficiais e subterrâneas, que tenderá a agravar-se com as alterações climáticas. A diminuição da precipitação média anual projetada para a Região do Algarve pela grande maioria dos cenários climáticos futuros irá diminuir a disponibilidade de água e tem potencialmente a capacidade de afetar as atividades turísticas. As secas severas tenderão a tornar-se mais frequentes. Consequentemente, situações semelhantes à que se viveu no Algarve durante a seca de 2004-2005, em que o abastecimento de água às populações esteve próximo da rutura poderão repetir-se no futuro com maior frequência. Para minimizar estes efeitos adversos é necessário identificar e pôr em prática medidas de adaptação adequadas e eficazes.

6.6.4 Adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água no turismo

O turismo é uma atividade que irá beneficiar da implementação efetiva de medidas de adaptação às alterações climáticas não só no setor dos recursos hídricos, mas também em todos os outros setores vulneráveis, com especial relevância para os setores das zonas costeiras, da saúde, das florestas e da biodiversidade. Considerar apenas a adaptação aos impactos no turismo mediados pela água é um exercício condicionado que não permite responder de forma integrada ao desafio da adaptação do setor do turismo às alterações climáticas.

O principal impacto das alterações climáticas irá ser provavelmente a variação da sazonalidade dos fluxos turísticos e da distribuição geográfica dos mercados emissores de turistas. Consequentemente, as medidas de adaptação mais importantes deverão centrar-se na promoção da oferta dos produtos turísticos capazes de serem desenvolvidos em Portugal que melhor se adaptam aos novos fluxos, de modo a manter o valor económico do setor. Este processo de adaptação à mudança climática pressupõe a disponibilidade e qualidade de água para o setor do turismo. Tal deverá ser assegurado com medidas de adaptação no setor dos recursos hídricos de carácter genérico abrangente e efetivo. Note-se ainda que o setor do turismo e em especial certos produtos turísticos têm um peso significativo no consumo de água, conforme foi já salientado. Há pois medidas específicas de reutilização, racionalização e redução do consumo de água no setor do turismo, que constituem contribuições muito importantes para o sucesso da implementação de uma estratégia de adaptação às alterações climáticas nos recursos hídricos. A principal medida de adaptação específica consiste na redução do consumo de água *per capita* nas infraestruturas turísticas sem que tal comprometa a qualidade da oferta. Outro aspeto específico é evitar a construção de infraestruturas turísticas em locais que têm um elevado risco de inundação, especialmente a médio e longo prazos, tendo em conta as alterações climáticas.

6.6.5 Programas de medidas de adaptação aos impactos das alterações climáticas mediados pela água no turismo

O principal objetivo estratégico da adaptação do setor do turismo em Portugal é manter ou aumentar a capacidade de atração turística do país, diversificar e adaptar a oferta de produtos e conquistar novos mercados emissores, de modo a permitir a viabilidade do setor face às variações dos fluxos turísticos provocadas pela mudança do clima. Importa salientar que a adaptação é um processo integrado cujo sucesso depende da eficácia e coerência das adaptações sectoriais. No caso do turismo, a adaptação pressupõe a eficácia das medidas de adaptação em outros setores vulneráveis fortemente relacionados com o turismo, tais como, os recursos hídricos, a saúde, as zonas costeiras, a floresta e a biodiversidade.

Dada a incerteza associada aos cenários climáticos futuros e aos impactos setoriais, é essencial privilegiar as medidas de adaptação de tipo *no regret*, isto é, que trazem vantagens competitivas para o setor independentemente de o comportamento futuro do clima coincidir ou não inteiramente com as projeções obtidas com os modelos.

As medidas de adaptação, para serem eficazes, devem necessariamente envolver a administração central, as autarquias, as instituições e organizações públicas e privadas e as empresas ligadas ao setor do turismo. É essencial iniciar o processo de adaptação por meio da sensibilização efetiva das

partes interessadas do setor através da divulgação dos cenários climáticos futuros, das principais vulnerabilidades e impactos no nosso país e das incertezas associadas às projeções. A identificação e seleção das medidas de adaptação deverão constituir um processo participado e coordenado pelas entidades responsáveis pelo setor. Propõem-se os seguintes três programas de adaptação, que agrupam nove medidas.

Programa 1: Promoção do uso eficiente da água no setor do turismo

Medida T1.1 - Avaliação do uso da água no sector do turismo para identificação das origens de água no setor do turismo em Portugal, quantificação do consumo e determinação da atual captação média de água por produto turístico;

Medida T1.2 – Identificação e avaliação de medidas específicas para redução dos consumos de água por produto turístico estratégico, nomeadamente através do aumento progressivo do uso de água reutilizada para a rega dos campos de golfe, especialmente nas regiões do país com menores disponibilidades de água;

Medida T1.3 - Intensificação das atividades de monitorização e fiscalização do uso de água pelas infraestruturas turísticas.

Programa 2: Aprofundamento e divulgação do conhecimento

T2.1 - Estudo de cenários sócio-económicos e climáticos a nível regional para identificação de vulnerabilidades e de impactos a curto, médio e longo prazos no setor do turismo em Portugal.

T2.2 - Sensibilização e divulgação da problemática das vulnerabilidades e dos impactos das alterações climáticas no turismo, junto das instituições nacionais e setoriais, públicas e privadas. Esta medida tem como objetivo suscitar a adequação da oferta de produtos turísticos em Portugal às variações nos fluxos turísticos e nos mercados emissores provocadas pelas alterações climáticas.

Síntese

O Quadro 20 apresenta uma síntese do programa e medidas de adaptação aos impactos relacionados com o setor do turismo.

Quadro 20 - Programas e medidas de adaptação. Turismo

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Promoção do uso eficiente da água	T 1.1 Avaliação e quantificação do uso da água no setor do turismo em Portugal	Turismo de Portugal, APA, Autarquias, Empresas de Turismo	Estudo específico	✓	✓	✓	€	++	●●	Nacional
	T 1.2 – Identificação e avaliação de medidas específicas para redução dos consumos de água no setor do turismo	Turismo de Portugal, APA, Empresas de Turismo	Estudo específico	✓	✓		€	++	●●	Nacional
	T1.3 – Intensificação da monitorização e fiscalização do uso de água pelas infraestruturas turísticas.	APA	Estudo específico	✓	✓		€	++	●●	Local/ Regional
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	T2.1 - Estudo de cenários sócio-económicos e climáticos a nível regional	Turismo de Portugal, APA, Empresas de Turismo, Autarquias	Estudo específico	✓	✓		€	+	●●	Local/ Regional
	T2.2 – Sensibilização e divulgação da problemática das vulnerabilidades e dos impactos das alterações climáticas no turismo	Turismo de Portugal, APA Empresas de Turismo, Autarquias	Estudo específico	✓	✓	✓	€€	++	●●	Local/ Regional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto: + positivo e significativo ++ positivo e muito significativo; Prioridade ●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

6.6.6 Considerações finais

O sucesso da implementação de uma estratégia de adaptação às alterações climáticas depende essencialmente da integração setorial das medidas de adaptação e do envolvimento coerente das partes interessadas setoriais públicas e privadas no processo. Sem uma visão integrada e coerente e sem a capacidade de envolver, para além da administração central e local, as organizações profissionais e as empresas, corre-se o risco de diminuir consideravelmente a eficácia do processo de adaptação. Os recursos hídricos e o turismo são dois setores particularmente vulneráveis e de grande valor económico para o país. O turismo é uma atividade de natureza profundamente transversal que é influenciada por uma grande diversidade de fatores específicos de diversos sectores socioeconómicos e sistemas biofísicos vulneráveis às alterações climáticas. Refira-se, a título de exemplo, o impacto que poderá ter sobre o turismo uma potencial intensificação de doenças infecciosas transmitidas por vetores e provocadas pelas alterações climáticas. Outro exemplo é o impacto sobre o turismo de uma potencial degradação ambiental e descaracterização da paisagem provocada pela mudança climática. Será, pois, desejável fazer uma avaliação integrada dos impactos das alterações climáticas no setor do turismo.

Outro aspeto determinante para o sucesso do processo de adaptação é a colaboração efetiva e empenhada das várias instituições públicas a nível da administração central e local. O diálogo e a colaboração entre estas instituições são cruciais num domínio profundamente intersectorial e interdisciplinar como o das alterações climáticas. Finalmente, há que considerar que as alterações climáticas são um processo relativamente lento mas difícil de travar. De acordo com o princípio da precaução, isso implica ser necessário planear a médio e longo prazos e assumir as incertezas inerentes às projeções climáticas. O processo de adaptação é pois muito exigente no que respeita ao planeamento e à organização e coerência das medidas setoriais e intersectoriais.

6.7 Zonas costeiras

6.7.1 Introdução

As alterações climáticas constituem, em diversos países, ameaça ambiental relevante e motivo atual de preocupação, pelos impactos exetáveis num horizonte temporal próximo sobre setores fulcrais do tecido económico e social. A Estratégia Nacional para Adaptação às Alterações Climáticas em Portugal reconhece a relevância destes impactos no setor das zonas costeiras devido à sua extensão, valor

ambiental, diversidade morfológica e vulnerabilidade, e ao facto de albergarem a maioria da população, bem como os principais centros de decisão e de produção nacionais. Orienta também a resposta a esses impactos para as medidas de adaptação, prevendo um modelo operacional que envolva todas as entidades com capacidade de intervenção (públicas, privadas, sociedade civil) e intervenha de forma diferenciada, mas integrada, às escalas espaciais local, regional e nacional.

As consequências mais importantes das alterações climáticas no litoral de Portugal continental são a subida do nível médio do mar e a modificação do regime de agitação marítima, da sobrelevação meteorológica, da temperatura e da precipitação. Estas modificações geram impactos na faixa costeira ao nível do balanço sedimentar e podem traduzir-se pelo estabelecimento ou variação da intensidade da erosão, bem como pela modificação da frequência e intensidade de inundações costeiras e ainda alterações na qualidade da água de estuários, lagunas e aquíferos costeiros. As zonas menos vulneráveis serão os trechos com arribas e promontórios rochosos resistentes e estáveis; as mais vulneráveis, coincidem com arribas talhadas em materiais brandos, zonas húmidas e ainda sistemas de barreira e praia-duna deficitários de sedimento. Cabe aqui uma referência ao esperado aumento da temperatura e insolação, que torna plausível uma distribuição mais alargada da ocupação das praias, antecipada para antes do verão e prolongada para o princípio do outono.

6.7.2 Breve caracterização da zona costeira de Portugal continental

A zona costeira de Portugal continental, com 950 km de comprimento, alberga cerca de três quartos da população nacional e exhibe grande diversidade geológica, morfológica e de ocupação; nela dominam as praias e as arribas de altura pequena a intermédia, ocupando a interface com o mar e encontrando-se a maior parte das zonas húmidas costeiras em associação com estuários e lagunas. As ondas são o principal agente modelador do litoral, diminuindo a densidade de energia para sul e em troços orientados W-E, mais abrigados, incluindo a fachada sul do Algarve. O regime de marés é de amplitude elevada e as correntes de maré adquirem importância especial nos estuários e lagunas, espaços mais abrigados da atividade das ondas. A alimentação sedimentar é reduzida, por razões naturais e outras de natureza antrópica e, este facto, associado ao regime de agitação prevalecente, explica a tendência generalizada para incremento da erosão ali instalada desde o início do século XX.

Os estudos de âmbito nacional efetuados sobre o forçamento do litoral de Portugal continental durante o século XX e consequências das alterações climáticas sobre esse forçamento no horizonte de 2100 (Santos *et al.*, 2002; Santos e Miranda, 2006), indicam um conjunto de conclusões que a seguir se descreve.

A variação observada do nível médio do mar em Portugal continental desde meados do séc. XIX é caracterizada por uma tendência de elevação, determinada principalmente pela expansão térmica do oceano. A elevação relativa do nível do mar foi, no nosso país, de cerca de 1,5mm/ano entre 1882 e os anos 90 do séc. XX, sucedendo a dois ou três milénios em que o ritmo daquela elevação foi uma ordem de grandeza inferior. Antunes e Taborda (2009a, 2009b) e Antunes (2009, 2011) apresentam dados e valores da taxa de subida do NMM obtidos da série secular do último século e também da série de dados da primeira década do século XXI. A análise secular indica modificações na taxa de variação do NMM, exceto nos últimos 23 anos do século XX, em que a elevação foi linear, a um ritmo da ordem de 2,1 mm/ano em conformidade com a variação do oceano global. Em termos médios, a série secular apresenta entre 1920 e 2000 uma taxa média de 1,9 mm/ano, verificando-se um período com uma taxa superior, de 3,0 mm/ano, entre 1920 e 1965. Entre 2000 e 2011, a taxa média cresceu para 3,6 mm/ano.

Apesar de existir consenso no meio científico de que o nível do mar continuará a subir e que a elevação do nível do mar acelerará na segunda metade do século XXI, as opiniões dividem-se no que respeita aos ritmos e magnitude dessa evolução (Church *et al.*, 2008). Para efeitos de ordenamento e gestão do espaço litoral, julga-se prudente adotar, para o horizonte temporal de 2100, um cenário de posicionamento do nível médio global dos oceanos (e também do mar Português) da ordem de 1,5 m relativamente ao nível médio de 2000, o que se apresenta como mais desfavorável do que as previsões avançadas pelo IPCC em 2007 (+0,58m relativamente a 1990) mas consistente com estudos mais recentes (0,5 a 1,4m, de acordo com Rahmstorf, 2007; 0,8 a 2,0m, de acordo com Pfeffer *et al.*, 2008) os quais incorporam contribuições resultantes de instabilização observada dos reservatórios de gelo circumpolares.

O regime de agitação no litoral de Portugal é muito influenciado pela ondulação de NW gerada no Atlântico norte e traduz-se por um elevado débito de energia na rebentação, mantendo na generalidade dos litorais arenosos expostos uma deriva litoral (caudal sólido) dirigida para sul da ordem dos $10^6 \text{m}^3/\text{ano}$ na fachada ocidental, e dirigida para leste, inferior a $10^5 \text{m}^3/\text{ano}$, na fachada sul. Em finais do século XXI, a altura média anual das ondas deverá permanecer invariante, mas com distribuição sazonal distinta, caracterizada por agravamento dos temporais, quer de verão quer de inverno, e por rotação em sentido horário do rumo das ondas ao largo, de um valor da ordem de 5° a 10° . Porém, as perturbações induzidas pelo recorte da linha de costa e pela morfologia dos fundos costeiros sobre as ondas incidentes, determinam e continuarão a determinar no futuro, em numerosos trechos, climas de agitação local diferentes e dinâmicas também específicas. Junto ao litoral, a reorientação do rumo das

ondas deverá corresponder apenas a uma pequena fração da experimentada em águas profundas, em função da redução do espectro direcional determinado pelo abrigo de costa e pela refração; os estudos de Andrade *et al.* (2007, 2008) e Taborda *et al.* (2009) mostram que uma reorientação direcional em águas profundas de 10° traduzir-se-á nas praias muito expostas de Espinho - Cabo Mondego ou do Guincho (região de Lisboa) por uma modificação de apenas 2-4°, mas em outras praias encaixadas e abrigadas do concelho de Cascais, pode não modificar significativamente o espectro direcional observado atualmente.

A distribuição da precipitação observada no século XX apresenta irregularidade notável e não se verificam alterações estatisticamente significativas no valor médio anual, mas observa-se uma redução da precipitação em março e abril; as modificações esperadas na intensidade e regime de precipitação e no escoamento superficial, no sentido de maior aridez, com incremento da concentração da precipitação e caudais, poderão não implicar necessariamente aumento significativo do afluxo sedimentar ao litoral.

A sobrelevação meteorológica no litoral de Portugal é muito condicionada por efeitos de sítio e, ao contrário de outros litorais baixos do mundo, tem menos importância relativa na modelação e dinâmica costeira. No século XX, ocorreram em Portugal continental sobrelevações da ordem de 1m, associadas à passagem de depressões extensas e muito cavadas durante o inverno, mas estes valores são específicos de locais particulares no litoral NW (e.g. Viana do Castelo e Leixões) e extremados por amplificação produzida pela morfologia local; nos restantes troços litorais instrumentados, virados a ocidente e a sul, a sobrelevação observada em condições semelhantes de forçamento não excedeu 0,5m. A ocorrência conjunta de níveis de sobrelevação elevados e praia-mar de águas vivas em simultâneo com precipitação intensa sucedeu repetidamente no passado, causando inundações e prejuízos avultados em localidades ribeirinhas. Os dados disponíveis são inconclusivos quanto à identificação de tendências de longo prazo na variação da intensidade ou frequência da sobrelevação meteorológica, pelo que as projeções futuras deverão conservar as características observadas no passado recente.

6.7.3 Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos sistemas litorais

Em termos globais, qualitativos, e de acordo com os resultados dos estudos SIAM I (Santos *et al.*, 2002) e SIAM II (Santos e Miranda, 2006), os impactos mais relevantes sobre a zona costeira nacional decorrentes de variação do nível do mar são:

- Intensificação do processo erosivo em segmentos diretamente expostos ao oceano;
- Aumento das cotas de inundação e, em consequência, da superfície costeira inundável, da população e bens em risco, acompanhada de reajuste dos ecossistemas ribeirinhos;

- Aumento da salinidade em bacias de maré costeiras (estuários, lagoas), acompanhado por modificação do regime de marés e, eventualmente, do balanço sedimentar;
- Alteração da qualidade da água (salinização) em aquíferos costeiros.

Estes impactos são igualmente mencionados em estudos efetuados para a globalidade do espaço litoral Europeu (e.g. Nicholls *et al.*, 2007; EEA, 2008; PESETA 2009; PEER, 2009). Nestes estudos, a erosão decorrente de variação positiva do nível de base é quantificada através de modelos empíricos (e.g. Bruun, 1962 e 1978; Dickson *et al.*, 2006), assumindo condições de equilíbrio morfológico e dinâmico na totalidade do perfil costeiro ativo, nos cenários de referência e futuros, condição que se verifica apenas em parte do litoral nacional. Tal implica que a intensidade do incremento erosivo decorrente da elevação futura do nível do mar será muito condicionada por efeitos de sítio. A aplicação destes modelos aos dois segmentos de litoral arenoso, mais sensíveis a este forçamento (Espinho-Cabo Mondego e Olhos de Água-Vila Real Santo António, que representam cerca de 40% do comprimento de praias em Portugal continental), indica que o ritmo transgressivo nos últimos 50 anos justifica menos de 15% da erosão ali verificada (Santos *et al.*, 2002; Santos e Miranda, 2006) a qual deverá permanecer em cenários de evolução futura, embora intensificada, como causa secundária do forçamento costeiro face ao potencial de mobilização sedimentar das ondas. A resposta à subida do nível do mar de praias encaixadas, nas quais as condições de equilíbrio mencionadas acima não se verificam, será específica de cada sítio em função do balanço sedimentar local. Tal é ilustrado pelos casos estudados nos concelhos de Sintra e Cascais, onde as perdas de superfície estimadas são muito variáveis (5 a 75% relativamente à situação de referência) em cenários de elevação futura do nível do mar de até 1,0 m (Andrade *et al.*, 2008; Taborda *et al.*, 2009). Em alguns troços costeiros contendo praias estreitas encostadas a arribas talhadas em formações brandas, a erosão decorrente da subida do nível do mar poderá também incrementar o recuo daquelas escarpas.

A elevação do nível do mar favorecerá a inundação costeira, particularmente nos locais onde a morfologia se desenvolva a cotas baixas. Os estudos citados acima, efetuados para a globalidade do espaço litoral europeu, indicam elevado risco de inundação costeira, crescente com o tempo, em todos os cenários de subida do nível do mar e sugerem ainda que, na ausência de medidas de adaptação, o número de pessoas em risco direto de inundação em finais do séc. XXI possa aumentar de 20 a 150 vezes (relativamente ao ano de referência de 1995) em função do cenário de elevação do nível do mar, com relevo para o litoral do sul da Europa, decorrendo a amplitude daquela variação do grau de incerteza subjacente aos métodos de projeção. No caso de Portugal, sugerem uma perda acumulada de território em cenário extremo de elevação do nível do mar de 0,7% relativamente à situação de referência. Estes

resultados, que parecem sobrevalorizados devido à baixa resolução do modelo de representação do espaço e dos valores nele residentes, podem constituir indicadores qualitativos interessantes para a globalidade do espaço europeu; no entanto, para adquirirem utilidade na avaliação de perigosidade, risco e impactos económicos ou sociais à escala do território nacional, carecem de reavaliação substanciada em estudos com melhor resolução espacial, nomeadamente no que respeita à distribuição geográfica da geomorfologia, das populações e dos objetos em risco.

No que respeita às zonas húmidas ribeirinhas, a influência da inundação dependerá não apenas da magnitude do forçamento eustático mas também da taxa de acumulação sedimentar e da sua distribuição. Se a primeira condicionante pode, em primeira análise, considerar-se uniforme   escala nacional, já as segundas são muito variáveis no tempo e no espaço, mesmo   escala de uma bacia de maré. De facto, os estudos dos principais sistemas lagunares e estuarinos nacionais sugerem que as taxas de sedimentação características daqueles ambientes no séc. XX foram, em muitos casos, suficientes para compensar a taxa de subida do nível médio do mar, conduzindo frequentemente a efeitos regressivos, apesar do sinal eustático positivo. Os resultados obtidos no projeto SIAM II (Andrade *et al.*, 2006) para o caso do estuário do Sado são elucidativos desta variabilidade; o dispositivo morfológico atual do estuário parece capaz de acomodar uma elevação do nível do mar até 0,4m, com impactos mínimos no ecossistema (que experimentar  essencialmente translação espacial), independentemente das opções de intervenção nas margens (renaturalização ou manutenção da eficácia dos diques marginais) e conservando fundos est ticos, isto é, assumindo sedimentação nula; já um cenário de elevação mais gravoso (+0,80 m) em condição de fundo est tico conduz a perda de superfície entre marés com impactos muito negativos no ecossistema ribeirinho. A consideração de um modelo de fundo dinâmico introduz grande diversidade no sinal e intensidade das respostas em diferentes locais do estuário, em função do tipo de intervenção marginal, da taxa de sedimentação local e da localização altimétrica relativa de cada elemento de superfície, produzindo cenários díspares de evolução futura. Em todas as simulações efetuadas, prevê-se aumento da variabilidade sazonal da salinidade, tendência para incremento da salinidade média e migração da cunha salina, para montante no Canal de Alcácer, e para jusante na região da Marateca. Conclui-se assim que o padrão de reação das zonas húmidas às alterações futuras do nível do mar permanecerá, em larga medida, específico de cada local, o que dificulta a construção de modelos quantitativos de projeção de impactos e a conceção de estratégias de adaptação aplicáveis a escala nacional. A esta dificuldade acresce a inexistência de dados de base cruciais em muitos casos (e.g. topo-hidrografia de pormenor, monitorização de parâmetros físico-

químicos) que permitam caracterizar e compreender o funcionamento de cada sistema a meso-escala temporal.

A elevação futura do nível do mar poderá ter também consequências sobre as referências altimétricas habitualmente utilizadas para prever a cota máxima inundável de unidades territoriais costeiras, nomeadamente das que possam constituir objeto de ocupação, determinando as cotas de coroamento de aterros ou as cotas de soleira subjacentes à expansão de tecido edificado. Estas cotas têm sido definidas a partir de um quadro climático de referência passado, que pode não ser representativo do forçamento no futuro próximo, embora intersetem o tempo de vida da intervenção projetada, pelo que requerem revisão cuidada, caso a caso, incorporando explicitamente os efeitos de meso-escala potencialmente introduzidos pela variação do nível do mar.

A influência da elevação do nível de base no aumento da intrusão salina em aquíferos costeiros poderá influenciar aproveitamentos de águas subterrâneas para qualquer fim. A salinização de aquíferos costeiros já é hoje uma realidade em locais onde a procura de água subterrânea levou o esforço de extração para além dos máximos que permitem manter a salinidade da água em níveis admissíveis para o uso a que se destina. Prevê-se a migração da cunha salina para o interior dos aquíferos, condicionada não só pela subida do nível do mar, mas também pela variação do volume de água doce no aquífero, que resulta da diminuição da precipitação e da infiltração (e recarga) e ainda de aumento na exploração da água subterrânea. Vários aquíferos costeiros foram objeto de caracterização da posição atual da cunha salina e da sua variação com o aumento das extrações de água subterrâneas. Em contraste, existem poucos estudos de avaliação das perturbações introduzidas pela elevação futura do nível do mar e dos impactos na qualidade da água destes aquíferos e, conseqüentemente, na sua exploração (e.g. Cunha *et al.*, 2006; Novo, 2007).

Não se preveem, *a priori*, aumentos significativos da alimentação sedimentar da faixa costeira a partir de fontes exteriores (nomeadamente as associadas à rede hidrográfica principal). Apenas algumas pequenas bacias hidrográficas e barrancos afluentes à faixa costeira poderão experimentar no futuro acréscimo da descarga sólida decorrente de aumento da concentração da precipitação e do escoamento. Conseqüentemente, os agentes modeladores atuarão sobre um litoral que mostra já hoje, em muitos trechos, sintomas de depauperação sedimentar e se encontra fragilizado em numerosos locais, sendo esta uma das principais causas da erosão verificada.

Em termos qualitativos, a modificação futura do regime de agitação marítima tem potencial para incrementar o transporte sólido litoral, quer no litoral ocidental quer no litoral sul, à custa de variação da

distribuição anual de alturas e do rumo das ondas. No estado atual dos conhecimentos, e considerando uma rotação ao largo de 5° a 10°, é razoável avançar uma previsão de agravamento da intensidade dos processos erosivos no trecho Espinho – Cabo Mondego, que poderá exceder o ritmo atual até cerca de 15 a 25%. Julga-se que a variação direcional do forçamento das ondas será aqui mais relevante na intensificação da erosão do que a modificação das alturas. Pelos mesmos motivos, é também possível que o segmento compreendido entre a Nazaré e Peniche assista ao desencadear de um processo erosivo, com maior intensidade a norte, em função de ajuste à reorientação direcional do rumo médio de potência da agitação.

Parte significativa das praias encaixadas do litoral ocidental e sul de Portugal representam, porém, acumulações virtualmente independentes do fornecimento sedimentar da deriva litoral, ocupando o espaço de retenção determinado por indentações da linha de costa rochosa, em contextos onde o potencial de transporte por deriva excede o transporte real em várias ordens de grandeza. Estas acumulações sobrevivem à custa de fornecimento sedimentar diminuto e local, assegurado pela erosão costeira e pela descarga de pequenas ribeiras afluentes, e a variação futura da magnitude potencial do transporte sedimentar longilitoral não terá ali consequências significativas. Nestes casos, e particularmente nos que correspondam a praias em baía, muito sensíveis à direção da agitação marítima, poderá observar-se até ao final do séc. XXI perda de superfície decorrente de reorientação do crescente arenoso em função da variação direcional do rumo das ondas na rebentação. A intensidade desta resposta será específica de cada local e, nos casos estudados (praias encaixadas dos concelhos de Sintra e de Cascais), prevêem-se perdas de superfície que variam entre 2 e 20% relativamente à situação de referência, para uma variação angular do forçamento de 4° (mais plausível), crescendo para o dobro se aquela variação aumentar para 10° (cenário extremo).

6.7.4 Adaptação aos Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos sistemas litorais

A resiliência natural dos sistemas litorais pode ser suficiente para permitir ajuste gradual aos impactos resultantes de alterações climáticas lentas, se existir espaço de acomodação e disponibilidade sedimentar suficientes (adaptação autónoma ou espontânea). Porém, o elevado índice de ocupação e valorização económica e social da faixa costeira nacional e a intensidade e ritmo que caracterizam o quadro de alterações climáticas expetáveis no presente século, comprometem aqueles pressupostos e recomendam a adoção de medidas precaucionárias (adaptação planeada). A inércia do sistema climático reduzirá os efeitos das medidas de mitigação em horizontes temporais mais próximos, pelo que a adaptação surge como uma resposta adequada e eficaz. O relatório do projeto PESETA (PESETA, 2009)

identifica o setor das Zonas Costeiras como um dos principais contribuintes para o custo global decorrentes das alterações climáticas no espaço europeu e indica a região sul da Europa como particularmente vulnerável. O mesmo estudo mostra, porém, que a adoção de medidas de adaptação pode reduzir muito significativamente as consequências económicas e sociais daquelas alterações.

A Estratégia Nacional para Adaptação às Alterações Climáticas em Portugal (ENAAAC), constitui o único documento de referência de âmbito global sobre esta matéria, embora existam em diferentes estádios de maturação e concretização planos de ação específicos que, implícita ou explicitamente já incorporaram as alterações climáticas em medidas concretas de prevenção e ação antecipada (e.g. Plano de Contingência para Ondas de Calor). Em contraste, os instrumentos em vigor diretamente intervenientes na regulação, ordenamento e gestão do espaço costeiro nacional (e.g. POOC, PBH, PDM), não incorporaram esta variável; aliás, na sua maioria, estes documentos são igualmente omissos quanto à definição de faixas de salvaguarda capazes de absorver os impactos da mobilidade da faixa costeira em cenários de invariância do forçamento, isto é, a ritmos já observados no passado recente. No setor das zonas costeiras, a estratégia de adaptação à erosão e inundação tem-se traduzido entre nós, salvo raras exceções, por intervenções de carácter reativo, de dimensão local e eficazes em horizontes temporais curtos, desenhadas para fazer face a situações pontuais de risco iminente. Convém transformá-la num processo aberto, integrado e iterativo, compreendendo as etapas de: (1) aquisição de informação e síntese de conhecimentos, (2) planeamento de ações, (3) implementação e (4) monitorização de resultados. Qualquer destas fases deve ser participada por um universo alargado de intervenientes e as ações a concretizar deverão ser escolhidas após avaliação de diferentes cenários de alteração climática.

6.7.5 Programas de medidas de adaptação aos Impactos das alterações climáticas mediados pela água nos sistemas litorais

Com o objetivo estratégico de minimizar o risco de perda do território (por erosão ou inundação) e degradação de recursos hídricos (aquíferos costeiros), propõem-se de seguida três programas de adaptação, que agrupam 16 medidas. As estratégias de adaptação devem ser fundamentadas em análises de custo/benefício considerando as opções (adaptadas de Pereira, 2010) de proteção (esforço para continuar a utilizar áreas vulneráveis), acomodação (esforço para continuar a viver em áreas vulneráveis, ajustando os hábitos de vida e trabalho) e retirada (esforço para abandonar áreas vulneráveis).

Dada a incerteza inerente às projeções de variação futura do forçamento oceanográfico, julga-se essencial privilegiar ações de adaptação qualificáveis como *no regret*, isto é, que se revistam de eficácia e

retorno interessantes, mesmo que as alterações climáticas efetivamente verificadas no futuro não coincidam totalmente com os cenários agora projetados.

Programa 1. Aprofundamento e divulgação do conhecimento

Medida ZC 1.1 - Levantamento e atualização de bases topo-hidrográficas de alta resolução, com incidência particular na faixa altimétrica compreendida entre as curvas de -12 m e +10m referidas ao nível médio do mar. Esta informação pode ser obtida com recurso a tecnologia LIDAR, da qual existem alguns ensaios-piloto no nosso litoral e que é amplamente utilizada para caracterização da morfodinâmica costeira em outros países do espaço europeu;

Medida ZC 1.2 - Implementação de um sistema de monitorização coerente, que assegure aquisição sistemática, organização e arquivo dos dados de base, provido de uma interface de partilha eficaz com os utilizadores, fundamental para calibração e validação de modelos de evolução do espaço litoral. Para além da caracterização da mobilidade do sistema costeiro, a monitorização deverá incidir também sobre o forçamento oceanográfico, para o que será necessário rever, e eventualmente ampliar, em qualidade e quantidade, a rede de instrumentação ativa (nomeadamente marégrafos e bóias ondógrafo) no litoral nacional, bem como assegurar a operacionalidade e melhorar a cobertura espacial da rede de monitorização de parâmetros meteorológicos;

Medida ZC 1.3 - Aumento da resolução espacial dos estudos de avaliação dos impactos das alterações climáticas na zona costeira para escalas intermédias entre a nacional e a do concelho, através do desenvolvimento de modelos de resposta sedimentar e morfodinâmica das principais unidades do litoral nacional em diferentes cenários de forçamento climático, tendo como principal objetivo mapear e quantificar a perda de território e/ou de valores ambientais, por inundação ou erosão, considerando como horizonte temporal mínimo o final do século XXI. Na medida em que o comportamento do litoral depende muito dos efeitos de sítio, não será conveniente recorrer a extrapolações ou generalizações a partir de estudos pontuais;

Medida ZC 1.4- Aprofundamento do conhecimento do território e dos valores em risco, através do mapeamento e avaliação da exposição e vulnerabilidade das principais unidades do litoral nacional à inundação e erosão em diferentes cenários de forçamento climático, face à modificação do nível do mar e do regime de agitação, incluindo quantificação de parâmetros físicos territoriais (e.g. natureza e quantidade de superfície afetada, cotas máximas de inundação), quantificação de impactos diretos (económicos – unidades monetárias, e sociais – dimensão da população afetada) e identificação de regiões ou locais requerendo atenção e intervenção prioritárias. Promoção dos estudos necessários ao

estabelecimento de critérios cientificamente fundamentados para a definição de faixas de salvaguarda (vide medida ZC 3.1);

Medida ZC 1.5 - Inventariação, cartografia e avaliação dos recursos e reservas de areias na plataforma continental e insular;

Medida ZC 1.6 – Avaliação do custo e da eficácia de intervenções visando a correção do abastecimento sedimentar aos sistemas litorais;

Medida ZC 1.7 – Melhoria da caracterização dos aquíferos costeiros quanto à vulnerabilidade à intrusão salina, promovendo i) estudos de hidrodinâmica dos aquíferos, da posição da cunha salina atual e estimativas de recarga e de exploração futuras, seguida de identificação dos casos mais vulneráveis e que configurem risco atual ou iminente; ii) a aplicação de modelos matemáticos de previsão da variação das reservas de água doce, tendo em consideração as variações do nível da água do mar e dos volumes de recarga e extração.

Medida ZC 1.8 - Promoção da investigação sobre alterações climáticas e impactos sobre as zonas costeiras. A eficácia das medidas de adaptação exige um enquadramento e um ajuste contínuo à evolução do conhecimento científico e da realidade económica e social do país. Existe ainda amplo espaço de investigação sobre o tema das alterações climáticas e impactos sobre as zonas costeiras nacionais, que urge preencher. É necessário introduzir a dimensão económica e social nas avaliações de exposição e vulnerabilidade decorrentes da simulação de impactos futuros sobre as zonas costeiras. No que respeita especificamente à sobre-elevação de temporal, julga-se necessário estender os trabalhos de perspetivação de evolução futura do fenómeno da sobre-elevação meteorológica no quadro das alterações climáticas globais a todo o litoral nacional (continental e insular), dadas as incertezas atuais sobre este tema;

Medida ZC 1.9 - Informação e formação das populações que habitam ou frequentam áreas costeiras de risco e das equipas e quadros técnicos dos organismos responsáveis pela gestão do litoral que devem possuir formação e especialização em tópicos de Geologia Costeira.

Programa 2. Gestão do risco

Medida ZC 2.1 – Melhoria da eficácia de medidas minimizadoras que já hoje fazem parte da atividade de manutenção de infraestruturas básicas, como limpeza periódica de leitos de ribeiras, desentupimento de coletores e de tomadas de água pluvial para diminuir efeitos adversos resultantes da sobre-elevação de temporal, nomeadamente inundação de zonas ribeirinhas;

Medida ZC 2.2 –Implementação de um sistema de alerta e prevenção de sobrelevação meteorológica

semelhante ao que já hoje funciona sob tutela do Serviço Nacional de Proteção Civil para tempestades marítimas, através da acoplagem das previsões meteorológicas do estado de mar com a informação determinista sobre níveis de maré;

Medida ZC 2.3 –Salvaguarda dos recursos hídricos subterrâneos costeiros, através da definição de

estratégias de gestão integrada da exploração dos recursos hídricos continentais superficiais e subterrâneos para minorar impactos adversos da intrusão salina e da elaboração de propostas de mitigação em aquíferos estratégicos, que passam pela aplicação de medidas de controlo, tais como, as de recarga dos aquíferos ou injeção de ar nas zonas de interface água doce – água salgada, entre outras.

Programa 3. Reforço da eficácia e da articulação dos instrumentos de gestão do risco e de ordenamento do espaço litoral

Medida ZC 3.1 - Introdução do conceito/figura de faixa de salvaguarda em todos os instrumentos de ordenamento e gestão do território costeiro nacional, à semelhança do disposto em alguns POOC para o

litoral de arriba (Marques, 2009). A delimitação de uma faixa de salvaguarda, em cujo interior vigorarão políticas muito restritivas de uso e ocupação do solo, tem carácter preventivo e destina-se a proteger a margem terrestre face à concretização de diferentes cenários de perigosidade;

Medida ZC 3.2 –Inclusão da problemática das alterações climáticas nos processos de desenvolvimento ou revisão de todos os instrumentos de ordenamento e gestão do espaço costeiro e nos estudos de incidência ou avaliação de impacte ambiental;

Medida ZC 3.3 -Definição de estatutos de proteção/restricção de usos adequados para o recurso em areia da plataforma continental e insular face ao carácter estratégico que assumirá no futuro para a conservação da qualidade do espaço costeiro;

Medida ZC 3.4 - Reforço da eficácia e fiscalização dos instrumentos legais que condicionam a ocupação de unidades territoriais em óbvia situação de vulnerabilidade a inundações, de que são exemplo os leitos de cheia em contextos ribeirinhos.

Síntese

O Quadro 21 apresenta uma síntese do programa e medidas de adaptação aos impactos relacionados com as zonas costeiras.

Quadro 21 - Programas e medidas de adaptação. Zonas costeiras

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Âmbito
				Planeamento	Gestão	Monitorização				
Aprofundamento e divulgação do conhecimento	ZC 1.1 - Levantamento e atualização de bases topo-hidrográficas de alta resolução	IH, DGT,APA	Projecto específico			✓	€€	++	●●●	Nacional
	ZC 1.2 - Implementação de um sistema de monitorização	APA	Planos de Gestão de Região Hidrográfica			✓	€€	++	●●●	Local / Regional
	ZC 1.3 - Aumento da resolução espacial dos estudos de avaliação dos impactos das alterações climáticas na zona costeira	Instituições I&D, APA Autarquias	Projecto específico	✓		✓	€€	++	●●	Local /Regional
	ZC 1.4 – Aprofundamento do conhecimento do território e dos valores em risco	APA, ICNF, Instituições I&D, Autarquias	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	✓	✓	✓	€€	++	●●	Nacional
	ZC 1.5 - Inventariação, cartografia e avaliação recursos e reservas de areias na plataforma continental e insular	APA, IH, Instituições I&D	Projecto específico	✓	✓		€€	+	●	Nacional/Regional
	ZC 1.6 – Avaliação do custo e da eficácia de intervenções visando a correção do abastecimento sedimentar aos sistemas litorais	APA, ICNF, Instituições I&D, Autarquias	Projecto específico	✓	✓		€	+	●	Local/Regional
	ZC 1.7 – Melhoraria da caracterização dos aquíferos costeiros quanto à vulnerabilidade à intrusão salina	APA, Autarquias, Instituições I&D	Projecto específico	✓	✓	✓	€€	++	●●	Local / Regional
	ZC 1.8 – Promoção da investigação sobre alterações climáticas e impactos sobre as zonas costeiras.	Instituições I&D	Projecto específico	✓	✓	✓	€€	++	●●●	Nacional
	ZC 1.9 - Informação e formação	APA, ICNF, Instituições I&D, Autarquias	Planos de Ordenamento da Orla Costeira		✓		€	++	●●●	Nacional

Programa	Medida	Entidades responsáveis	Instrumentos de implementação	Tipologia de ação			Custo	Eficácia ou impacto	Prioridade	Custo
Gestão do risco	ZC 2.1 - Melhoria da eficácia de medidas minimizadoras que já hoje fazem parte da atividade de manutenção de infraestruturas básicas	Autarquias	Planos de Ordenamento da Orla Costeira	✓	✓		€	++	●●●	Local
	ZC 2.2 – Implementação de um sistema de alerta e prevenção de sobre elevação meteorológica.	IPMA, APA, Instituições I&D, ANPC, Autarquias	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	✓	✓		€	+	●●	Local
	ZC 2.3 – Salvaguarda dos recursos hídricos subterrâneos.	ARH, APA, Autarquias, Instituições I&D	Planos de Gestão de Região Hidrográfica	✓	✓	✓	€€	++	●●	Local / Regional
Reforço da eficácia e da articulação dos instrumentos de gestão do risco e de ordenamento do espaço litoral.	ZC 3.1 - Introdução do conceito/figura de faixa de salvaguarda em todos os instrumentos de ordenamento e gestão do território costeiro nacional,	APA, ICNF, Instituições I&D	Planos de Ordenamento da Orla Costeira	✓	✓		€	++	●●●	Regional
	Medida ZC 3.2 – Inclusão da problemática das alterações climáticas nos instrumentos de ordenamento e gestão do espaço costeiro	APA, ICNF, Autarquias	Planos de Ordenamento da Orla Costeira	✓	✓	✓	€	+	●●●	Nacional
	ZC 3.3 - Definição de estatutos de proteção para o recurso em areias da plataforma	APA, IH	Planos de Ordenamento da Orla Costeira	✓	✓		€	++	●	Nacional
	ZC 3.4 - Reforço da eficácia e fiscalização do instrumentos legais que condicionam a ocupação de território vulnerável a inundações	Autarquias, APA, ICNF	Planos de Ordenamento da Orla Costeira	✓	✓	✓	€	++	●●●	Nacional

Legenda: Custo: € pouco elevado, €€€ muito elevado; Grau de eficácia ou impacto+ positivo e significativo; ++ positivo e muito significativo; Prioridade

●●● 0-5 anos ●● 5-10 anos ● 10-20 anos

6.7.6 Considerações finais

O programa de ação para as zonas costeiras aposta em medidas para o aprofundamento do conhecimento, sobretudo através da recolha de dados de base sobre o território, forçamento oceanográfico e mobilidade do sistema costeiro e modelação matemática da resposta sedimentar e morfodinâmica das principais unidades do litoral nacional em diferentes cenários de forçamento climático. Estes elementos permitirão, em conjunto com os resultados da investigação sobre os recursos existentes para a proteção litoral e sobre a eficácia de possíveis estratégias de adaptação, desenhar uma resposta aos impactos das alterações climáticas. Os recursos e reservas de areia que possam ser necessários a esta resposta devem ser objeto de medidas de proteção especial.

É também realçada a necessidade de reforço da eficácia e da articulação dos instrumentos de gestão do risco e de ordenamento do espaço litoral, nomeadamente através da consideração da problemática das alterações climáticas em todos os instrumentos de ordenamento e de gestão do espaço costeiro e nos estudos de incidência ou avaliação de impacto ambiental.

7 Conclusão

O futuro é necessariamente incerto. A gestão da água é, na sua essência, a gestão dessa incerteza relacionada com a variabilidade e as alterações climáticas. O desafio associado a estas incertezas tem sido ultrapassado ao longo dos tempos com estratégias e metodologias de gestão do risco, que permitem ponderar várias possíveis situações futuras, maximizar os benefícios proporcionados pela utilização da água, reduzir a vulnerabilidade dos sistemas e aumentar a sua resiliência.

É certo que as alterações climáticas constituem uma nova fonte de incerteza entre as muitas que condicionam o planeamento e a gestão dos recursos hídricos, mas o desconhecimento sobre a evolução e a incidência alongo prazo e a gama de variabilidade climática coloca desafios novos. A complexidade do sistema climático envolvendo processos não lineares, intrincados mecanismos de retroação e pontos de mudança súbita, desafiam as metodologias até hoje seguidas para identificar as decisões mais adequadas em cada momento. Os gestores de recursos hídricos, que estão preparados para lidar com uma incerteza conhecida, precisam de ajustar ou desenvolver novas estratégias para lidar com uma incerteza mais difícil de quantificar ou mesmo desconhecida.

A chave para este desafio é a visão e a capacidade de desenvolver uma estratégia suficientemente flexível que permita oferecer, em cada momento, soluções adequadas para enfrentar a multiplicidade de cenários que podem vir a ocorrer. A cooperação intersectorial deve ser reforçada para evitar planos de acção incoerentes que conduzam a danos colaterais inesperados em setores afins ou que não aproveitem o potencial dos recursos investidos. É também necessário assegurar que existem mecanismos de revisão permanente desta estratégia e que prevalece uma cultura de aprendizagem contínua com a experiência adquirida. Elementos críticos para o sucesso desta estratégia são: um sistema de governança eficaz, sustentado por uma administração pública com suficiente capacidade técnica; um programa de investigação consolidado e, conseqüentemente, entidades de gestão de sistemas ativas e empenhadas, empresas de consultoria competentes e inovadoras e uma sociedade conhecedora e participativa. O desafio é assegurar que este modelo de governança é eficaz e capaz de traduzir os princípios gerais da gestão integrada dos recursos hídricos em práticas diárias de gestão que permitam aproveitar os benefícios potenciais da utilização da água, gerir a incerteza e o risco, assegurar um estado de preparação para lidar com situações adversas inesperadas e controlar eventuais danos.

Esta necessidade de flexibilidade tem levado muitos a defender ajustamentos graduais às atuais metodologias de planeamento e gestão de recursos hídricos, fazendo uso da experiência adquirida e dos resultados obtidos. Esta abordagem também evita eventuais alterações drásticas ou investimentos avultados e irreversíveis. A ESAAC-RH assume claramente esta opção, defendendo, numa primeira fase, a aposta em medidas de menor custo, essencialmente não estruturais, que contribuem para a resolução dos problemas ainda por resolver e que produzem benefícios futuros num conjunto muito variado de cenários. São exemplos as medidas que procuram assegurar o uso eficiente da água, a redução das fontes de contaminação e a proteção ou requalificação das massas de água. No domínio da gestão do risco de inundações, fluviais ou costeiras, defende-se um maior empenho na aplicação de medidas que garantam um ordenamento do território mais consciente da variabilidade climática e hidrológica e um reforço dos sistemas de previsão e alerta precoce de situações de emergência.

Contudo, esta opção por um ajustamento gradual das políticas de gestão da água pode acarretar o risco de adiar uma reflexão aprofundada sobre as diferentes alternativas estratégicas de planeamento dos recursos hídricos, que pode conduzir à necessidade de uma mudança do paradigma de gestão ou de investimentos avultados em soluções estruturais. Limitar as atividades económicas consumidoras de elevados volumes de água ou assumir uma garantia de abastecimento mais baixa para controlar o volume de água em falta em caso de falha podem ser soluções adequadas em algumas regiões com escassez hídrica. A construção de barragens e de sistemas de captação e adução de água com custos económicos e ambientais significativos são soluções que podem ter que ser aceites. A seleção das zonas em que o nível de proteção contra inundações fluviais e costeiras é mantido a níveis elevados e aquelas onde se permitirá inundações mais frequentes, nas quais será necessário regular a ocupação humana e a atividade económica, são outros exemplos de decisões estratégicas que, a prazo, terão de ser tomadas.

Idealmente, gostaríamos de adiar algumas destas decisões de maior investimento ou de retorno mais incerto para um momento em que o nosso conhecimento sobre os impactos das alterações climáticas em cada região e atividade sócio-económica seja mais pormenorizado e em que as alternativas de adaptação estejam melhor caracterizadas. Para isso, precisamos de continuar a investir na caracterização do território e, em especial, do domínio hídrico e também na monitorização e na investigação dos processos climáticos e hidrológicos e na quantificação com menores níveis de incerteza dos impactos das alterações climáticas.

A ESAAC-RH (Estratégia Setorial de Adaptação das Alterações Climáticas aos Impactos relacionados com os Recursos Hídricos) procura encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento imediato de medidas

que contribuem para a proteção e valorização do domínio hídrico e para a redução das ineficiências de utilização dos recursos com a reflexão aprofundada sobre os riscos decorrentes das alterações climáticas e sobre as opções estratégicas de resposta. Esta reflexão deve ser empreendida por toda a sociedade, pois a responsabilidade da ação no planeamento e gestão de recursos hídricos e na utilização do território distribui-se pela administração pública central e local, entidades gestoras de sistemas de recursos hídricos, empresas utilizadoras de água e cidadãos em geral.

Bibliografia

AEA & UPM (2007), *Adaptation to climate change in the agricultural sector*, AEA Energy & Environment e Universidad de Politécnica de Madrid, Didcot.

AFN (2010a.), *Estratégia Nacional para as Florestas*, Autoridade Florestal Nacional.

AFN (2010b), *Plano Regional de Ordenamento Florestal do Alto Alentejo*, Autoridade Florestal Nacional.

Amelung, B., Nicholls, S., Viner, D. (2007), Implications of global climate change for tourist flows and seasonality, *Journal of Travel Research*, 45, 285-296

Andrade, C., Pires, H. O., Silva, P., Taborda, R., Freitas, M. C. (2006), Zonas Costeiras, In: Santos, F. D., Miranda, P. (Eds), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projeto SIAM II*, Gradiva, pp. 169-208.

Andrade, C., Freitas, M. C., Brito, P., Amorim, A., Barata, A., Cabaço, G. (2006b), Estudo de Caso da Região do Sado – Zonas costeiras, In: Santos, F. D., Miranda, P. (Eds), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projeto SIAM II*, Gradiva, pp. 423-438.

Andrade, C., Pires, H.O., Taborda, R., Freitas, M.C. (2007), Projecting future changes in wave climate and coastal response in Portugal by the end of the 21st century, *Journal of Coastal Research*, SI 50, pp. 263 – 257.

Andrade, C., Taborda, R., Marques, F., Freitas, M.C., Antunes, C., Mendes, T., Carreira, D. (2008), *Sintra face às Alterações Climáticas – Zonas costeiras*, Relatório técnico não publicado, Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 23 p.

Antunes, C., Taborda, R. (2009a), Sea level at Cascais tide gauge: data, analysis and results, *Journal of Coastal Research*, SI 56, pp. 218-222.,

Antunes, C., Taborda, R. (2009b), Evolução do nível médio do mar em Cascais, análise dos dados do novo marégrafo, *Atas da VI Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia*, 7-8 de Maio, Caldas da Rainha, Portugal, pp. 441-450.

Antunes, C. (2011), Variação atual do NMM em Cascais, *Atas da VII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia*, 5-6 de Maio, Porto, Portugal. (em impressão)

Banco Mundial (2006), *Investment Framework for Clean Energy and Development*, World Bank, Washington, DC.

Banco Mundial (2009), *The costs to developing countries of adapting to climate change: New methods and estimates. The global report on the economics of Adaptation to Climate Change*, World Bank, Washington, DC. Banco Mundial (2010), *Economics of Adaptation to Climate Change. Synthesis Report*, World Bank, Washington, DC.

Bardt, H. e Biebeler, H. (2012), *Climate Change in Regions. Adaptation Strategy for Seven Regions*. Cologne Institute for Economic Research, Koln. Germany.

Barnett, T.P., Adam, J.C., Lettenmaier, D.P., (2005), Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions, *Nature*, vol. 438.

Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P. (Eds) (2008), *Climate Change and Water*, Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.

Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R., Tol, R. (2006), A general equilibrium analysis of climate impacts on tourism, *Tourism Management*, 27, 913-924

Bigano, A., Hamilton, J., Maddison, D., Tol, R. (2006), Predicting tourism flows under climate change, *Climatic Change*, 79, 175-180

Brandão, A.M.C.A. (2006), *Alterações Climáticas na Agricultura Portuguesa: instrumentos de análise, impactos e medidas de adaptação*, Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Bruun, P. (1962), Sea level rise as a cause of shore erosion, *J. Waterways and Harbors Division*, Amer. Soc. Civil Engineers 88, pp. 117-130.

Bruun, P. (1978) Stability of Tidal Inlets, *Theory and Engineering*, Amsterdam, Elsevier.

Burton, I., Diring, E., Smith, J. (2006), *Adaptation to Climate Change: International Policy Options*, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.

Buisson, L., Grenouillet, G. (2009), Contrasted impacts of climate change on stream fish assemblages along an environmental gradient, *Diversity and Distributions*, (*Diversity Distrib.*) 15, 613–626

CM Almada (2005), *Inventário Municipal das Emissões de Gases com Efeito de Estufa em Almada*, Câmara Municipal de Almada.

COM (2007), *Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Adapting to climate change in Europe – options for EU action*, Commission of the European Communities, Brussels.

COM (2009), *Adapting to climate change: the challenge for European agriculture and rural areas accompanying document to the White Paper on Climate change*, Commission of the European Communities, Brussels.

COM (2013), *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions An EU Strategy on adaptation to climate change*, Commission of the European Communities, Brussels.

Church, J., White, N., Aarup, T., Wilson, W., Woodworth, P., Domingues, C., Hunter, J., Lambeck, K. (2008), Understanding global sea levels: past, present and future, *Sustain Sci.* 3, Springer, p. 9–22.

CLITOP (2007), *Final Report of the CLITOP Project*, FCT, Lisboa.

Colombo, A.F., P.H. Byer (2012), Adaptation, flexibility and project decision-making with climate change uncertainties, *Impact Assessment and Appraisal*, 30:4, 229-241.

COPA-COGECA (2009a), *Info Sheet – Forests and climate change*, EN(09)5657:4.

COPA-COGECA (2009b), *Info Sheet – Water and agriculture under a changing climate*, EN(09)5660:4.

Costa, A., Pereira, C. (2007), *Manual de instalação de novos povoamentos com sobreiro. Aplicação de Boas Práticas nas regiões da Chamusca e de Alcácer do Sal*, ISA, ERENA, ANSUB, ACHAR, Lisboa.

Cunha, L.V., Oliveira, R.P., Nunes, V. (2002), Water Resources, in Santos, F.D. et al. (eds). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* (SIAM Project), Gradiva, Lisboa, Portugal.

Cunha, L.V., Oliveira, R.P., Nascimento, J., Ribeiro, L. (2007), Impacts of Climate Change on Water Resources: a case study for Portugal, *Proceedings of the Fourth Interceltic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*, International Association on Hydrological sciences, pub. 310, Guimarães, Portugal.

Cunha, L.V., Ribeiro, L., Oliveira, R.P., Nascimento, J. (2006), Recursos hídricos, In: Santos, F.D., Miranda, P. (Eds.), *Alterações climáticas em Portugal. Cenários, impactos e medidas de adaptação*, Gradiva, Lisboa, pp. 117-168.

DGF (2003), *Princípios de Boas Práticas Florestais*, Direção-Geral das Florestas, Lisboa.

DGRF (2006), *Resultados do Inventário Florestal Nacional 2005/06*, Direção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa.

Dickson, M., Walkden, M., Hall, J. (2006), *Modelling the impacts of climate change on an eroding coast over the 21st century*, Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 103, 34 p.

DRAOT (2002), *Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve: Relatório Preliminar de Caracterização e Diagnóstico*, Direção Regional do Ambiente e do Ordenamento do Território, Faro.

Easterling, W.E., Aggarwal, P. K., Batima, P., Brander, K. M., Erda, L., Howden, S. M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J. F., Schmidhuber, J., Tubiello, F.N. (2007), Food, fibre and forest products, In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J.P., van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (Eds), pp. 273-313. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

EDIA (2010), *Alterações climáticas no contexto do EFMA*, Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A., Departamento de Ambiente e Ordenamento do Território, Beja.

EDP Produção (2009), *Projeto ClimEDP*, (relatório interno), Lisboa.

EDP Produção, *Relatórios Técnicos 2005, 2006, 2007, 2008 e 2009* (documentos internos), Lisboa

EDP (2010), *Novos Projetos Hidroelétricos*, (documento interno), Lisboa.

EEA (2007), *Climate change: the cost of inaction and the cost of adaptation*, EEA Report No 13/2007, Copenhagen.

EEA (2008), *Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment*, EEA Report No 4/2008, Copenhagen.

EWA (2007), *A Preliminary Opinion of the European Water Association (EWA) on the Subject of the Consequences of Climate Change for Water Management*, European Water Association, Hennef, Germany.

Fankhauser, S., Tol, R. S. J. (1996), Climate Change Costs - Recent Advancements in Economic Assessment, *Energy Policy*, 24, (7), 665-673.

Feix, C., Nagel, A., Schultz, J., Stratenwerth, T. (2009), *Combating Climate Change. The German Adaptation Strategy*, Federal Ministry for the Environment, Berlin, Germany.

Ferreira M.T., Brito A.G. (2009). Aguas Interiores Superficiais. In “*Ecosistemas e Bem-Estar Humano: Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*”. Eds. H. Pereira, T. Domingos, L. Vicente, T. Pereira, Ed. Escolar, Lisboa, ISBN 9789725022743

Gössling, S., Hall, M. (2006), Uncertainties in predicting travel flows: common ground and research needs. A reply to Bigano et al., *Climatic Change*, 79, 181.

Hamilton, J., Maddison, D., Tol, R. (2005), Climate change and international tourism: a simulation study, *Global Environmental Change*, 15, 253-266.

Hamilton, J., Tol, R. (2007), The impact of climate change on tourism in Germany, the UK and Ireland: a simulation study, *Regional Environmental Change*, 7, 161-172.

Heino, J., Virkkala, R., Toivonen, H. (2009), Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions, *Biological Review*, 84, pp. 39–54

Higham, J., Hall, C.M. (2005), Making tourism sustainable: the real challenge of climate change?, In: Hall, M., Higham; J. (Eds.), *Tourism, Recreation and Climate Change*, Channel View Publications, London, UK.

Hinch, T., Hickey, G. (1997), Tourism attractions and seasonality: spatial relationships in Alberta, in *Proceedings of the Travel and Tourist Research Association*, Canadian chapter, Winnipeg, Canada: University of Manitoba, pp. 69-76.

INAG (2008), *Tipologia de rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.

INE (2009). *Recenseamento Geral da Agricultura 2009*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

INE (2007), *Inquérito às Estruturas 2007*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

IPCC (2000), *Special Report on Emissions Scenarios*, Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: Third Assessment Report*. Working Group II, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.

IPCC, (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report: Fourth Assessment Report*, Intergovernmental Report on Climate Change, Geneva.

IPCC, (2007b), *Impacts, Adaptation and Vulnerability –Summary for Policymakers*, Intergovernmental Report on Climate Change, Geneva.

IRAR (2009), *Desafios para os serviços da água em Portugal numa perspectiva de médio e longo prazo*, Texto sobre regulação da autoria de Jaime Melo Baptista, Dulce Pássaro e João Simão Pires, Agosto de 2013.

JRC (2005), *Climate Change and the Water Dimension*. Ed. S. J. Eisenreich. EUR21553.

JRC (2009), *Climate change impacts in Europe, Final report of the PESETA research projet* (vers. 23 October 2009), 122 p.

Kondolf, G. M., J.W. Webb, M.J. Sale & T. Felando (1987), Basic hydrological studies for assessing impacts of flow diversions on riparian vegetation: examples from streams of the eastern Sierra Nevada, California. *Environmental Management*, 11: 757-769.

Lake, P. S. (2003), Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* 48: 1161-1172.

Matthews, W. J. & Marsh-Matthews, E. (2003). Effects of drought on fish across axes of space, time and ecological complexity. *Freshwater Biology* 48: 1232-1253.

Lopes, C., Chaves, M., Costa, M., Santos, T., Monteiro, A., Rodrigues, L. (2009), Estratégias de mitigação face às mudanças do clima: castas e técnicas de manutenção do solo, *Atas da 1.ª Conferência Ibérica de viticultura e enologia. Alterações climáticas, viticultura e enologia*, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Lourenço, Tiago C., Casimiro, E. (2007), Outdoor thermal comfort in Portugal. Future scenarios and implications for the tourism industry, *Proceedings of the International Conference on Climate Change Impacts on Tourism*, Lisbon, September, 2007.

MAAP (2009), *Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France, Partie III – Rapports des groupes sectoriels*, Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires, Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, 231 pp.

MAOT (2000), *Plano de bacias hidrográfica das ribeiras do Algarve*, 1ª Fase, Vol III

MAOTDR (2009), *Alterações climáticas e turismo – uma questão em aberto*, Documento de trabalho Nº1/2009, Lisboa

Marques, F. (2009), Sea cliff instability hazard prevention and planning: examples of practice in Portugal, *Journal of Coastal Research*, SI 56, pp. 856-860.

Martins, G., Ribeiro, D., Pacheco, D., Cruz, J. V., Cunha, R., Gonçalves, V., Nogueira, R., Brito A.G. (2008), Prospective scenarios for water quality and ecological status in Lake Sete Cidades (Portugal): the integration of mathematical modelling in decision processes. *Applied Geochemistry*, 23 (8).

Magoulick, D.D., Kobza, R. M. (2003), The role of refugia for fishes during drought: a review and synthesis. *Freshwater Biology* 48: 1186-1198.

Matthews, W. J., Marsh-Matthews, E. (2003), Effects of drought on fish across axes of space, time and ecological complexity. *Freshwater Biology* 48: 1232-1253.

Moss, B., Hering, D., Green, A., Aidoud, A., Becares, E., Beklioglu, M., Bennion, H., Boix, D., Brucet, S., Carvalho, L., Clement, B., Davidson, T., Declerck, S., Dobson, M., Donk, E., Dudley, B., Feuchtmayr, H., Friberg, N., Grenouillet, G., Hillebrand, H., Hobaek, A., Kenneth Irvine, K., Jeppesen, E., Johnson, R., Jones, I., Kernan, M., Lauridsen, T.L., Manca, M., Meerhoff, M., Olafsson, J., Ormerod, S., Papastergiadou, E., Penning, W.E., Ptacnik, R., Quintana, X., Sandin, L., Seferlis, M., Simpson, G., Trigal, C., Verdonschot, P., Verschoor, A. and Weyhenmeyer, G.A. (2009), Climate change and the future of freshwater biodiversity in Europe: a primer for policy-makers, *Freshwater Reviews* 2, pp. 103-130

Nicholls, R.J., Wong, P.P., Burkett, V.R., Codignotto, J.O., Hay, J.E., McLean, R.F., Ragoonaden, S., Woodroffe, C.D. (2007), Coastal systems and low-lying areas, In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 315-356.

Novo, M. E. (2007), *Alterações climáticas e seus impactos nos recursos hídricos subterrâneos em ilhas de pequena dimensão (caso de estudo: Açores – Ilha Terceira)*, Dissertação de Doutoramento, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, 274 p.

OECD (2008), *Economic aspects of adaptation to climate change: integrated assessment modelling of adaptation costs and benefits*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Oerlemans, J. (2005), Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records, *Science*, vol.308.

ONERC (2009), *Evaluation du Coût des Impacts du Changement Climatique et de l'Adaptation en France, Rapport de la seconde phase*, Paris, França.

Oliveira, R.P., Matos, J.S., Monteiro, A.J., 2013, Managing the urban water cycle in a changing environment, *8th International Conference of EWRA*, Porto, Portugal.

Oxfam, 2007, *Adapting to Climate Change: What Is Needed in Poor Countries and Who Should Pay?* Oxfam Briefing Paper 104, Oxford, Reino Unido.

Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Jeffrey, P., Aerts, J., Berkamp, G. e Cross, K. (2007), Managing change toward adaptive water management through social learning, *Ecology and Society*, Vol. 12, no. 2, Art 30.

Parker, P. (2001), *Physioeconomics: The Basis for Long-Run Economic Growth*, Cambridge, USA: The MIT Press.

Parry, M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T., Lowe, J., Hanson, C. (2009), Adaptation to Climate Change: Assessing the Costs: Investment and Financial Flows to Address Climate Change, *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, Vol. 51, Issue 6. Perry, A., Thompson, R.D. (1997), *Applied Climatology: Principles and Practice*, London: Routledge.

PECAC (2010), *Plano Estratégico de Cascais face às Alterações Climáticas*, Camara Municipal de Cascais.

PEER (2009), *Europe adapts to climate change. Comparing national adaptation strategies*, Partnership for European Environmental Research Report 1, 281 p.

Pereira, J.S., Correia, A.V., Correia, A.C., Ferreira, M.T., Onofre, N., Freitas, H., Godinho, F., (2006), Florestas e Biodiversidade, In: Santos, F.D., Miranda, P. (Eds), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projeto SIAM II*, Gradiva, Lisboa.

Pereira, H.M., Leadley, P.W., Proenca, V., Alkemade, R., Scharlemann, J.P.W., Fernandez-Manjarres, J.F. (2010), Scenarios for global biodiversity in the 21st century, *Science*, 330, 1496–1501.

Pfeffer, W.T., Harper, J.T., O' Neel, S. (2008), Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise, *Science* 321, pp. 1340-1343.

Policy Research Initiative (Eds) (2009), *Climate Change, Adaptation in the Canadian Energy Sector*, Ottawa.

Rahmstorf, S. (2007), A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise, *Science* 315, pp. 368-370.

Reid, A., Stuke, F. (2011), *Climate Change Adaptation Strategies in the Baltic Region*, Ecologic Institute, Berlin, Germany.

REN (2002) *Hidroeletricidade em Portugal*, Lisboa.

REN (2010), Informação mensal do sistema eletroprodutor, Dezembro 2009; Lisboa.

Richter, B.D., R. Mathews, D.L. Harrison and Wigington, R. (2003), Ecological sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, 13: 206-234.

Rosenzweig, C. e Hillel, D. (Eds.) (1998), *Climate change and the global harvest, Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture*, Oxford University Press, New York, USA. 324 pp.

Samouco, R. (1998). *Dicionário de Agronomia*. Plátano Edições Técnicas, Lisboa.

Sánchez-Díaz, M., Aguirreolea, J. (2000), 3. Movimientos estomáticos y transpiración, in J. Azcón-Bieto e M. Talón (eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, pp. 31-43, Mc Graw-Hill Interamericana, Edicions Universitat de Barcelona, Madrid-Barcelona, España.

Santos, F. D., Forbes, K., Moita, R. (Eds) (2002), *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*, Projeto SIAM, Gradiva, Lisboa.

Santos, F.D., Miranda, P. (Eds) (2006), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*. Projeto SIAM II, Gradiva, Lisboa.

Seguin, B. (2009), 2.6 Impact sur l'agriculture, In *Changements Climatiques: Quels Impacts en France?* Greenpeace (Eds.), 99-107 pp, Paris, France.

Smith, K. (1993), The influence of weather and climate on recreation and tourism, *Weather*, 48, 398 – 404.

Smith, S. L. J. (1988), Defining tourism a supply-side view, *Annals of Tourism Research*, 15 (2), 179-190.

Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge.

Stern, N. (2009), *O desafio global*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Swedish Commission on Climate Vulnerability (Eds) (2007), *Sweden facing climate change. Threats and Opportunities*, Stockholm.

Taborda, R., Andrade, C., Freitas, M. C., Marques, F., Rodrigues, R., Antunes, C. (2009), *Plano estratégico do concelho de Cascais face às alterações climáticas*. Relatório técnico não publicado (v. trabalho), 38 p.

T-PVS/Ind (2009), *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Protected Areas and Climate Change in Europe*. Miguel Araújo, Reporteur. 28 p

Tejo Energia (2010), Informação particular.

Toda, F.M. (2009), Nuevas técnicas vitícolas para reducir el grado alcohólico de los vinos de calidad, *Atas da 1.ª Conferência Ibérica de viticultura e enologia. Alterações climáticas, viticultura e enologia*, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Toulmin, C. & Hoskins, B. (Eds) (2009), *Assessing the costs of adaptation to climate change*, IIED, London .
TP, 2007. *Plano estratégico nacional do Turismo*, Turismo de Portugal, Lisboa.

Tudela, M.I.M., Mantecón, A.R., Peña, A.E. (2005), 10. Impactos Sobre el Sector Agrario. In: Rodríguez, J. M. M. (Eds), *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*, Ministerio de Medio Ambiente e Universidad de Castilla - La Mancha, Centro Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp.437-467.

Turbogás (2010), Informação particular.

Turismo de Portugal (2008), Portugal, continente e regiões autónomas, Turismo de Portugal, I.P., Lisboa.

UNDP (2007), *Human Development Report 2007/08*, United Nations Development Programme, New York: Palgrave McMillan.

UNFCCC (2007), *Adaptation to Climate Change: Assessing the Costs. Investment and Financial Flows to Address Climate Change*, Bonn, Germany.

UNESCO (2009), *Water in a Changing World*, The United Nations World Water Development Report 3, UNESCO, Paris and Earthscan, London.

UNWTO (2008) *Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges*, Madrid

Van der Linden, P., Mitchell, J. F. B. (Eds) (2009), *ENSEMBLES: Climate change and its impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*, Met Office Hadley Centre, UK.

Woodward, G, Perkins, D.M., Brown, L. (2010), Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365.

World Bank, 2006. *Investment Framework for Clean Energy and Development*, World Bank, Washington, DC.

World Bank, 2009. *The costs to developing countries of adapting to climate change: New methods and estimates. The global report on the economics of Adaptation to Climate Change*, World Bank, Washington, DC.

World Bank, 2010. *Economics of Adaptation to Climate Change. Synthesis Report*. World Bank, Washington, DC.

WssTP (2009), *WssTP document on irrigation*, Draft, October 2009, Water supply and sanitation Technology Platform, Brussels.

Young, K.J., Long, S.P. (2000), Crop Ecosystem Responses to Climatic Change: Maize and Sorghum, In *Climate Change and Global Crop Productivity*, Reddy, K. R. e Hodges, H. F. (Eds.), pp. 107-131. CABI Publishing, Wallingford, UK.