

PRODUÇÃO DE ENERGIA EM PEQUENOS APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS EM PORTUGAL. POTENCIALIDADES E CONSTRANGIMENTOS AO SEU DESENVOLVIMENTO

THE ENERGY PRODUCTION IN SMALL HYDROPOWER SCHEMES IN MAINLAND PORTUGAL. POTENTIAL AND DEVELOPMENT CONSTRAINTS

António Eira Leitão

Eng.º Civil // membro n.º 9 da APRH // Presidente do Conselho de Gerência da Hidroerg.

Maria Manuela Portela

Professora Auxiliar do IST // membro n.º 1192 da APRH // Colaboradora da Hidroerg.

Francisco Nunes Godinho

Doutor em Ciências Florestais // membro n.º 1522 da APRH // Colaborador da Hidroerg.

RESUMO: O presente artigo apresenta uma avaliação das potencialidades e constrangimentos da produção de electricidade em pequenos aproveitamentos hidroeléctricos em Portugal. O tema é primeiro enquadrado face aos aspectos legais e administrativos – quer relativamente à utilização de recursos hídricos quer relativamente à produção de energia a partir de fontes renováveis – e às potencialidades hidroeléctricas ainda por explorar, globalmente no território continental português e, em particular, nas três regiões hidrográficas do Norte do País. Relativamente aos constrangimentos existentes, são salientados os de natureza ambiental (impactos ambientais significativos e forma de os mitigar), os de natureza económica (em resultado da simultânea evolução, em sentido contrário, de custos e de receitas na produção hidroeléctrica em regime especial) e os de natureza hidrológica (variabilidade hidrológica versus alterações climáticas e seu reflexo nas disponibilidades hídricas e na produção hidroeléctrica). São ainda abordadas as diferenças de fundamentos e de funções observadas entre o planeamento de recursos hídricos e o planeamento hidráulico e a sua complementaridade.

Palavras-chave: pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, potencialidades hidroeléctricas, impactos ambientais, condicionantes económicas e hidrológicas, planeamento de recursos hídricos, planeamento hidráulico.

ABSTRACT: In the present paper, hydroelectric potentialities and constraints are evaluated with respect to small hydropower plants in Portugal. Initially, this issue is framed in relation to the legal and administrative aspects – connected not only with water resources use but also with electricity generation from renewable sources –, and to the hydroelectric potentialities still to be exploited in the Portuguese Mainland, particularly in the country's three northern hydrographic regions. The existing constraints highlighted here are related with the environment (significant environmental impacts and means to mitigate them), as well as with economic (resulting from the simultaneous evolution, in opposite directions, of the costs and the revenues from hydroelectricity generation in special regime) and hydrological aspects (hydrological variability versus climate change, and its reflection on the water availability and on the hydroelectricity generation). The differences observed in the fundamentals and in the functions of the water resources planning and of the hydraulic planning, and their complementarities, are also discussed.

Keywords: small hydropower plants, hydroelectric potentialities, environmental impacts, economic and hydrological constraints, water resources planning, hydraulic planning.

1. INTRODUÇÃO

Portugal Continental possui ainda potencialidades hidroenergéticas consideráveis por explorar, tanto em aproveitamentos hidroeléctricos de grande dimensão (gAHE), como em aproveitamentos de pequena e média dimensão (pAHE). Não obstante, o ritmo de construção de novos empreendimentos em Portugal tem decrescido, sobretudo no último quinquénio. Face a esta constatação, no presente artigo pretende-se abordar e interligar, numa perspectiva global mas recorrendo a casos de estudo, aspectos que se entendem relevantes no âmbito da produção hidroeléctrica com base em aproveitamentos de pequena e média dimensão.

Em jeito de intróito, o artigo começa por dar o enquadramento legal da produção de hidroelectricidade, salientando a legislação pertinente relacionada, não só com a utilização de recursos hídricos, mas também com produção de energia a partir de fontes renováveis, após o que apresenta uma síntese sobre as potencialidades hidroeléctricas ainda por explorar no território continental português, em particular nas bacias hidrográficas da região Norte.

No fundamental, o artigo visa analisar alguns constrangimentos ambientais, económicos e hidrológicos que se revelam mais significativos para a implantação de novos pAHE, reflectindo sobre a forma de os minorar ou ultrapassar, a bem da melhor utilização para fins energéticos dos recursos endógenos de que o País dispõe. Os dois últimos tipos de constrangimentos foram detalhados com base em casos de estudo.

Por fim, o artigo aborda os fundamentos e o carácter complementar das funções que cabem ao planeamento de recursos hídricos e ao planeamento hidráulico, ambos essenciais para ordenar e otimizar o aproveitamento do potencial hidroeléctrico nacional.

2. LEGISLAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGIAS RENOVÁVEIS

Nos últimos quatro anos, em boa parte na sequência de estratégias e directivas adoptadas na União Europeia, verificou-se uma evolução significativa do quadro legal que disciplina a gestão, protecção e aproveitamento dos recursos hídricos portugueses.

Foi assim aprovada, por larga maioria, na Assembleia da República a Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro) que, além de assegurar o essencial

da transposição da Directiva-Quadro da Água (DQA), define as bases para a gestão e a utilização sustentável dos recursos hídricos portugueses e dos ecossistemas deles dependentes.

Aquele diploma legal, bem como a Lei sobre Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro) que unifica o regime de titularidade dos recursos dominiais públicos e dos recursos patrimoniais, inserem-se no sistema jurídico que regulou em Portugal, desde o início do século XX, o uso e a propriedade das águas superficiais, dos respectivos leitos e margens e das águas subterrâneas, estendendo-o agora às águas estuarinas e costeiras (Leitão e Henriques 2002).

A publicação dos referidos diplomas foi seguida pela de legislação complementar, da qual se destacam os Decretos-leis que dispõem sobre:

- a utilização dos recursos hídricos (D. Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio);
- a transposição dos anexos técnicos da DQA (D. Lei n.º 77/2006, de 30 de Março);
- os empreendimentos de fins múltiplos (D. Lei n.º 311/2007, de 17 de Setembro);
- a delimitação das regiões hidrográficas (D. Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro), que passam a constituir a unidade territorial básica de gestão dos recursos hídricos;
- as associações de utilizadores do domínio público hídrico (D. Lei n.º 348/2007, de 19 de Outubro);
- a delimitação do domínio público hídrico (D. Lei n.º 353/2007, de 26 de Outubro);
- o regime económico-financeiro da utilização dos recursos hídricos (D. Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho);
- o regime jurídico de responsabilidade por danos ambientais (D. Lei n.º 147/2008, de 29 de Julho);
- a protecção das águas subterrâneas (D. Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro).

Desse vasto conjunto legislativo resulta que, ao abrigo dos princípios da precaução e da prevenção, todas as actividades que tenham um impacte significativo no estado das águas públicas e particulares só podem ser desenvolvidas mediante a atribuição de título de utilização.

Em caso de conflito entre diversas utilizações da água são seguidos os critérios de preferência definidos nos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica, dando prioridade ao abastecimento público e, em igualdade

O texto deste artigo foi submetido para revisão e possível publicação em Julho de 2009, tendo sido aceite pela Comissão de Editores Científicos Associados em Janeiro de 2010. Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 31, Nº 1, 39-55, Março de 2010.
© APRH, ISSN 0870-1741

de condições, ao uso que assegure a utilização economicamente mais equilibrada, racional e sustentável.

As utilizações privativas do Domínio Público Hídrico estão sujeitas a prévia licença ou concessão. Mais precisamente, estão sujeitas a licença: (i) a captação de águas, a rejeição de águas residuais e a imersão de resíduos; (ii) a ocupação temporária para a construção ou alteração de infra-estruturas hidráulicas, instalações e equipamentos de apoio; (iii) a implantação das próprias infra-estruturas e equipamentos; e (iv) a realização de aterros ou escavações e a extracção de inertes. Estão sujeitos a concessão, entre outras: (i) a captação de água para abastecimento público, para rega de área superior a 50 ha e para produção de energia; (ii) a utilização de terrenos do domínio hídrico, destinados à edificação de empreendimentos turísticos e similares; e (iii) a implantação de infra-estruturas hidráulicas para as mesmas finalidades.

Por seu lado, a utilização de recursos hídricos particulares está sujeita a autorização ou licença, consoante as actividades a exercer, requerendo tal licença: (i) a rejeição de águas residuais e a imersão de resíduos; (ii) a recarga e a injeção artificial em águas subterrâneas; e (iii) os aterros, escavações e extracção de inertes.

Poderá ser dispensada a autorização para utilização de recursos hídricos particulares, pelo regulamento do Plano Gestão de Bacia Hidrográfica ou pelo regulamento anexo a um plano especial de ordenamento do território que sejam aplicáveis. Além disso, a captação de águas particulares com meios de extracção cuja potência não exceda 5 cv (3.68 kW) exige a simples comunicação prévia à autoridade competente para o licenciamento, excepto se essa extracção tiver um impacte significativo no estado das águas.

Neste âmbito, releva também o regime económico-financeiro, que promove a utilização sustentável dos recursos hídricos e visa contribuir para o uso eficiente da água pelos diversos sectores que a incorporam na sua actividade, através da recuperação dos investimentos públicos, da internalização dos impactes ambientais negativos e da recuperação dos custos dos serviços de águas, incluindo os custos de escassez.

O regime baseia-se na aplicação de uma taxa de recursos hídricos (TRH), devida pela utilização privativa de bens do domínio público hídrico, de tarifas de serviços de águas e na celebração de contratos-programa. A base tributável da taxa de recursos hídricos é constituída por cinco componentes e é expressa pela fórmula seguinte:

$$TRH = A + E + I + O + U$$

em que os correspondentes domínios de aplicação das diferentes componentes são:

- A utilização de águas do domínio público hídrico do Estado
- E descarga, directa ou indirecta, de afluentes sobre os recursos hídricos, susceptível de causar impacte significativo
- I extracção de inertes do domínio público hídrico do Estado
- O ocupação de terrenos ou planos de água do domínio público hídrico do Estado
- U utilização de águas sujeitas a planeamento e gestão públicos, qualquer que seja a sua natureza ou regime legal, susceptível de causar impacte significativo.

O correspondente Decreto-Lei (D. Lei n.º 97/2008) prevê a consideração de vários factores, quer de majoração, quer de redução, da taxa de recursos hídricos, bem como de isenções tipificadas, estas últimas abrangendo, nomeadamente, a utilização de águas, sejam públicas ou particulares, por meio de equipamentos de extracção cuja potência total não ultrapasse os já mencionados 5 cv.

As receitas resultantes da cobrança da taxa de recursos hídricos destinam-se em 50% ao Fundo de Protecção dos Recursos Hídricos, em 40% à Administração de Região Hidrográfica competente e em 10% ao Instituto da Água e devem ser aplicadas no financiamento das actividades que visem melhorar a eficiência do uso da água e a qualidade dos recursos hídricos e dos ecossistemas associados e, supletivamente, visem cobrir os demais custos incorridos na respectiva gestão, utilização e protecção.

Nesta breve resenha da legislação respeitante à gestão dos recursos hídricos, algumas notas finais sobre a sua utilização para produção hidroeléctrica:

- A captação de águas públicas para essa finalidade é realizada com observância do disposto nos planos de recursos hídricos e, como decorre do antecedente, está sujeita a concessão. A concessão é atribuída através de procedimento concursal podendo ainda ser atribuída por Decreto-Lei às entidades públicas a quem caiba a exploração de empreendimentos de fins múltiplos.
- A utilização do domínio público hídrico sujeita a concurso pode resultar da iniciativa pública, ou de pedido apresentado por particular interessado. O prazo de concessão, que não pode exceder 75 anos, é fixado atendendo à natureza e à dimensão dos investimentos associados, bem como à sua relevância

económica e ambiental.

- O Governo pode promover a implementação de infra-estruturas hidráulicas públicas destinadas à produção de energia hidroeléctrica superior a 100 MW, sendo nesses casos a concessão atribuída mediante procedimento concursal.

Ataxa de recursos hídricos para produção hidroeléctrica assume o valor de $2,4 \times 10^{-5} \text{€}/\text{m}^3$, o que significa que para um empreendimento que aproveite uma queda de cerca de 100 m a taxa é aproximadamente igual a $10 \times 10^{-5} \text{€}$ por kWh produzido.

Para uma visão global do sistema, importa dar uma ideia, também sintética, da evolução legislativa que nos últimos vinte anos se verificou no desenvolvimento do então criado sub-sector da energia eléctrica de fontes endógenas e renováveis.

Assim, a produção independente de energia eléctrica a partir de recursos naturais renováveis – actividade que pode ser exercida por qualquer pessoa singular ou colectiva, de direito público ou privado, independentemente da forma jurídica que assuma – foi regulada por sucessivos diplomas legais, nomeadamente pelos seguintes:

- Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio;
- Decreto-Lei n.º 168/99, de 18 de Maio;
- Decreto-Lei n.º 339-C/2001, de 29 de Dezembro;
- Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 16 de Fevereiro
- Decreto-Lei n.º 225/2007, de 31 de Maio

Complementarmente, o Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro, define o Regime de Gestão da capacidade de recepção pela rede pública da energia proveniente dos centros electroprodutores independentes, por forma a permitir a sua ligação à rede eléctrica.

O tarifário de venda de energia eléctrica de fontes renováveis, nas sucessivas formulações que conheceu entre Maio/1988 e Maio/2007, baseia-se num somatório de três parcelas - fixa, variável e ambiental -, as quais contemplam, respectivamente: (i) os custos de primeiro investimento evitados com a entrada alternativa em serviço de uma nova central electroprodutora; (ii) os custos de aquisição e transporte de combustível e de operação e manutenção evitados com a entrada em exploração da nova central; e (iii) os prejuízos de natureza ambiental (emissão de GEE) evitados pelo uso de recursos naturais endógenos na nova central; e se traduzem na fórmula seguinte:

$$VRD_m = \{ KMHO_m \times [PF(VRD)_m + PV(VRD)_m] + PA(VRD)_m \times Z \} \times \frac{IPC_{m-1}}{IPC_{ref}} \times \frac{1}{(1-LEV)}$$

[1]

em que, para o mês m, são:

VRD _m	remuneração aplicável;
KMHO _m	coeficiente que modula as parcelas fixa, variável e ambiental em função do período horário em que a energia tenha sido fornecida;
PF(VRD) _m	parcela fixa da remuneração (potência);
PV(VRD) _m	parcela variável da remuneração (energia);
PA(VRD) _m	parcela ambiental da remuneração;
Z	coeficiente adicional que traduz as características do recurso e da tecnologia utilizada;
IPC _{m-1}	índice de preço no consumidor, sem habitação, no Continente, no mês m-1;
IPC _{ref}	índice de preços no consumidor, sem habitação, no Continente, no mês anterior ao do início do fornecimento de energia à rede;
LEV	perdas nas redes de transporte e distribuição evitadas pela central.

Na versão actual, a tarifa de venda de energia continua a ser diferenciada consoante as características do recurso renovável e da tecnologia utilizadas, sendo aplicável a centrais hidroeléctricas até 30 MW de potência instalada, em relação aos primeiros 52,0 GWh de produção ou 20 anos de exploração, prorrogáveis por mais cinco anos, em determinadas condições.

3. POTENCIALIDADES HIDROELÉCTRICAS POR EXPLORAR

As potencialidades de produção de energia hidroeléctrica estão directamente relacionadas com a orografia do território, que gera as quedas aproveitáveis, e com os recursos hídricos superficiais disponíveis, que por sua vez determinam volumes turbináveis e a sua distribuição ao longo do ano, que é manifestamente irregular no território continental português (em média, 87% a 96% dos escoamentos ocorrem no denominado semestre húmido).

O mapa de isolinhas de escoamento superficial anual médio a que se refere a Figura 1, reflecte bem a acentuada variabilidade espacial do escoamento, podendo observar-se que, enquanto nas terras altas do Noroeste o escoamento chega a ultrapassar em média 2200 mm, nas zonas planas a Sul do rio Tejo são assinalados valores inferiores a 50 mm anuais. Por outro lado, a concentração do escoamento num semestre – Dezembro a Maio ou, menos frequentemente, Novembro a Abril – é ainda mais

acentuada do que para a precipitação. Como atrás salientado, o quociente entre o escoamento nesse semestre e o escoamento anual acusa com frequência valores entre 0,87 e 0,96 (Quintela 1967).

Ou seja, ainda que a precipitação anual média referida à totalidade do território continental se aproxime de 960 mm por ano, valor superior aos 834 mm de precipitação anual média em todo o globo terrestre, a precipitação em Portugal é muito mal distribuída no espaço e no tempo, condicionando significativamente a utilização dos recursos hídricos.

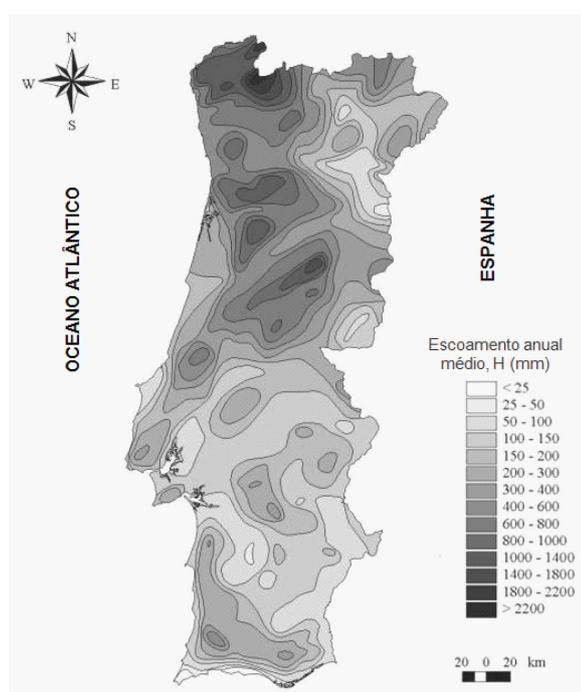


Figura 1 – Portugal Continental. Mapas de isolinhas do escoamento anual médio (adaptada de Portela e Quintela 2002).

Não obstante, são expressivas as potencialidades hidroenergéticas em Portugal Continental, tanto em aproveitamentos de grande dimensão (gAHE), como em aproveitamentos de pequena e média dimensão, (pAHE), gama esta que actualmente corresponde a uma potência instalada por centro electroprodutor não superior a 30 MW.

A avaliação dessas potencialidades, tanto no que respeita à capacidade já instalada como à capacidade por instalar, consta do Quadro 1, onde igualmente se mencionam valores homólogos no conjunto das

energias de fontes renováveis, por forma a evidenciar a posição relevante que a hidroelectricidade detém actualmente, e deterá no futuro, na produção nacional de electricidade.

As disponibilidades hídricas ainda não exploradas situam-se sobretudo nas bacias hidrográficas localizadas a Norte do rio Tejo, com particular realce para as regiões hidrográficas dos rios Minho e Lima, dos rios Cávado, Ave e Leça e do rio Douro, com a expressão quantitativa que se discrimina no Quadro 2:

Quadro 1 - Potencialidades hidroeléctricas no território continental português (MW).

	Exploradas (i)	Por explorar	Totais
pAHE	379	741	1120 (ii)
gAHE	4578	2852	7430 (iii)
Total de renováveis (iv)	7998	6947	14945

(i) Segundo estatísticas da DGEG, REN e INEGI, relativas a Dezembro/2008.

(ii) Conforme "Cenários de Evolução Previsional da Produção em Regime Especial 2005-2025", da REN.

(iii) Segundo a Direcção de Planeamento e Desenvolvimento da EDP Produção (2005).

(iv) Incluindo a energia eólica, solar, da biomassa, do biogás, dos resíduos sólidos urbanos, da geotermia e das ondas marítimas

Quadro 2 - Potencialidades hidroeléctricas por explorar, por bacia hidrográfica (MW).

	Minho	Lima	Cávado	Ave	Douro
pAHE (i)	30	98	22	29	420
gAHE (ii)	--	88	--	--	2010

(i) Conforme "Cenários de Evolução Previsional da Produção em Regime Especial 2005-2025", da REN.

(ii) Segundo estudos do Programa Nacional Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico (2007).

4. IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS E SUA MINORAÇÃO

Os aproveitamentos hidroeléctricos, independentemente da respectiva dimensão, têm múltiplos impactes positivos, que envolvem componentes ambientais, económico-energéticas e sociais. Tais aspectos positivos são ignorados com muita frequência, mesmo em países como Portugal, onde a produção de electricidade de origem hídrica tem uma importância relevante e os volumes armazenados em albufeiras servem para um vasto leque de outras utilizações com grande expressão social (origem de água para abastecimento urbano e industrial, amortecimento de cheias, minoração de secas, recreio e turismo, combate a fogos florestais, etc.).

Em termos ambientais, releva a ausência de emissões gasosas de CO₂ e de outros gases com efeito de estufa (GEE), sendo de referir que um MW de produção termoeléctrica corresponde, para as actuais características médias do sistema electroprodutor português, à emissão anual de 1800 t de CO₂ (para cerca de 2600 h equivalentes a plena carga), recuperáveis pelo crescimento da biomassa de 320 ha de floresta. Assumem também relevo a diminuição do risco inerente ao transporte marítimo e terrestre dos combustíveis fósseis utilizados em alternativa, da ordem de 300 t de fuel ou carvão por cada GWh produzido, e a inexistência de resíduos e efeitos poluentes.

Em relação aos impactes económico-energéticos salientam-se a redução da dependência energética exterior, por utilização de recursos naturais endógenos (Portugal importa actualmente 84% dos combustíveis de que necessita), a eliminação ou, pelo menos, a redução, dos custos devidos a emissões excedentárias de GEE, a grande fiabilidade, estabilidade e flexibilidade de exploração, esta última devida à rapidez de resposta das centrais hidroeléctricas às solicitações da rede. De acentuar ainda que os aproveitamentos hidroeléctricos permitem constituir uma reserva operacional de energia, ampliável por bombagem, e que empregam tecnologias bem conhecidas, desde fins do séc. XIX, seguras e testadas.

No âmbito social, os impactos dos aproveitamentos hidroeléctricos envolvem a sua natureza enquanto actores de desenvolvimento harmónico e disseminado das regiões, de ordenamento do território e, por vezes, da paisagem, bem como o facto de constituírem reservas estratégicas de água, como já se referiu, utilizáveis para múltiplos fins.

A natureza e a escala dos impactos negativos associados aos aproveitamentos hidroeléctricos são fortemente condicionadas pela dimensão de cada

projecto, sendo que alguns dos impactes que podem resultar da implantação de grandes aproveitamentos (tais como a ocupação de extensas áreas, com as inerentes implicações na deslocação de pessoas e na afectação de habitats e ecossistemas, McCartney *et al.*, 2001) naturalmente não se verificam nos aproveitamentos de menor dimensão.

Com base no conhecimento existente sobre os efeitos ambientais negativos dos pequenos aproveitamentos - ainda incompleto em determinados domínios -, procuraram-se identificar e sistematizar no Quadro 3 os principais impactos associados a projectos deste tipo e dimensão, suas causas e possíveis formas de os mitigar (Cortes *et al.*, 1998, Santos *et al.*, 2006).

De entre os impactes referenciados, salientam-se os ligados com as alterações de habitats promovidas pela implantação do açude ou barragem, quer a montante, quer a jusante dessa infra-estrutura de retenção (Petts 1984). A montante da nova infra-estrutura transversal à linha de água assiste-se à transformação do ecossistema lótico existente num sistema de características mistas, lêntico-lótico, podendo esta alteração ser mitigada não só através da utilização de pequenas albufeiras, mas também com a promoção do funcionamento dos empreendimentos em regime de fio-de-água, diminuindo o tempo de retenção da água na albufeira e garantindo a manutenção de padrões longitudinais de escoamento com algumas semelhanças com o regime de escoamento pré-existente, sobretudo nos períodos críticos para a vida das espécies aquáticas e ribeirinhas.

A jusante da mesma infra-estrutura regista-se uma alteração do regime de escoamento pré-existente entre o açude e a restituição, com a derivação de caudais para a central eléctrica. Este efeito negativo do funcionamento dos aproveitamentos hidroeléctricos pode, não obstante, ser mitigado através do estabelecimento e implementação de regimes ecológicos de caudais que sejam eficazes na manutenção das valências ecológicas dos trechos lóticos em questão. Refira-se, todavia, que subsistem lacunas técnico-científicas quanto às metodologias a utilizar no estabelecimento desses regimes ecológicos em rios Ibéricos - de caudal muito variável -, nomeadamente quanto à sua eficácia ambiental, sendo claramente uma área de conhecimento que requer aprofundamento.

A ponderação dos impactes ambientais terá sempre de ser feita caso a caso, tendo em conta os elementos ambientais mais relevantes, as soluções técnicas adoptadas e a ponderação dos seus efeitos, embora sabendo que o impacto global na redução dos efeitos com a emissão de GEE é sempre expressivo e positivo. De qualquer modo, as soluções alternativas disponíveis, através da utilização, ou não, de outros

Quadro 3 – Principais impactos associados com a implantação de pAHE, suas causas e formas de mitigação.

Impactos	Causa	Formas de mitigação
Redução da extensão de troço fluvial/lótico	Criação de uma albufeira	Albufeiras de pequena dimensão; exploração a fio-de-água ou com baixo índice de regularização
Efeito de barreira	Implantação de açude/ barragem	Sistemas de transposição para fauna, (pequenos degraus nos açudes ou passagens por bacias sucessivas) e de passagem dos caudais sólidos (ranhuras)
Modificação do regime de caudais líquidos	Derivação de água para produção de energia	Manutenção dos caudais reservados e de regimes adequados de caudais ecológicos
Alteração paisagística	Inserção de estruturas estranhas à paisagem	Integração das estruturas; instalação em vala do circuito hidráulico e revestimentos em pedra/rugosos
Destruição de <i>habitats</i>	Implantação das Infra-estruturas	Redução das áreas de intervenção; reposição dos <i>habitats</i> pré-existent; reconstituição das galerias ribeirinhas
Alteração ambiental nas áreas de estaleiro e nas frentes de trabalho	Realização das obras e montagens	Implantação, utilização, desactivação e recuperação cuidadas
Alteração ambiental nas áreas de acesso e circulação	Ações de implantação do AHE	Utilização de caminhos existentes; escavações e aterros criteriosos
Existência de materiais sobrantes	Operações de escavação e aterro	Recolha de resíduos; escolha, selagem e integração ambiental de escombrelas
Presença humana	Construção, operação e manutenção do AHE	Concertação das acções com os períodos de maior sensibilidade para a fauna
Aumento dos níveis de ruído	Funcionamento do grupo turbina-gerador	Isolamento conveniente do edifício da central e da restituição; plantação de cortinas vegetais

recursos naturais renováveis, terão também impactos ambientais que importa comparar com os do empreendimento em análise, por forma a encontrar a solução que, com maior eficiência e menores inconvenientes, permita satisfazer as necessidades energéticas existentes.

5. CONSTRANGIMENTOS ECONÓMICOS À PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA EM REGIME ESPECIAL

Tendo por base os três casos de estudo a que se refere o Quadro 4, reflecte-se, no presente item e no próximo, sobre dois aspectos específicos – um, de índole económica e, outro, de índole hidrológica – que estão a condicionar o desenvolvimento da produção independente de electricidade a partir de aproveitamentos hidroeléctricos de pequena a

média dimensão (pAHE) em regime de produção independente. Julga-se que também tem contribuído para tal situação o facto de os sucessivos diplomas legais aplicáveis terem introduzido um acréscimo significativo de complexidade no procedimento conducente ao licenciamento daquele tipo de empreendimentos.

O aspecto de índole económica objecto no presente item refere-se ao valor da energia gerada num pAHE em regime de produção independente no período em que o tarifário de venda de energia é garantido, o qual, desde início de 2005, tem vindo a ser sujeito a uma continuada depreciação em termos de valores reais. Com efeito, na Figura 2 representa-se a evolução do valor unitário mensal – Figura 2a) – e anual ponderado – Figura 2b) – de venda do kWh produzido em cada um dos mencionados casos de estudo desde a data de início da respectiva exploração até Março do corrente ano.

Quadro 4 – Pequenos aproveitamentos hidroeléctricos em regime de produção independente. Casos de estudo.

Casos de estudo	Bacia hidrográfica principal	Data do 1º paralelo com a rede eléctrica nacional	Tipo de exploração	Potência instalada, P	Período de validação dos modelos
Caso 1	Rio Douro	Fevereiro/1993	Fio-de-água com eclusagem no circuito hidráulico	Inferior a 5 MW	Fevereiro/1993 a Setembro/2006
Caso 2	Rio Tâmega	Dezembro/1996	Fio-de-água com eclusagem no circuito hidráulico	Superior a 5 MW	Janeiro/1997 a Setembro/2004
Caso 3	Rio Tâmega	Dezembro/1998	Fio-de-água com regularização diária parcial na albufeira	Inferior a 5 MW	--

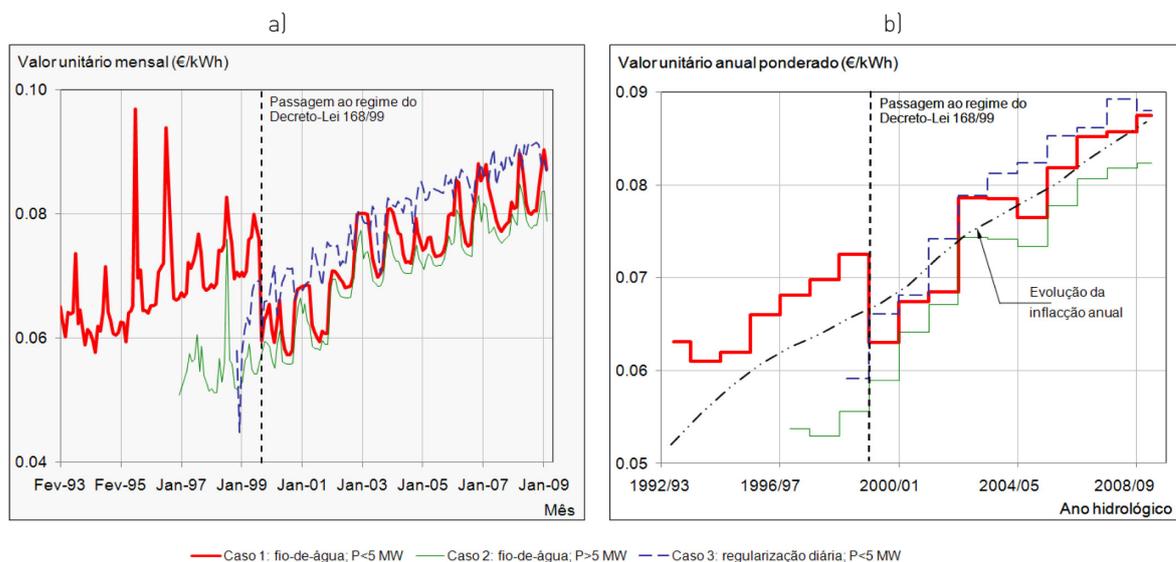


Figura 2 – Casos de estudo. Valores unitários mensais e anuais ponderados de venda do kWh.

Para o caso 1, a anterior figura evidencia a ocorrência, nos finais da década de 1990, de uma variação acentuada no preço de venda do kWh produzido a qual foi devida à passagem da valorização da energia do regime estipulado no D. Lei n.º 189/88 para o regime previsto no D. Lei n.º 168/99¹, com finalização da aplicação da então denominada garantia de receita, que vigorava desde Outubro de 1994 e se destinou

a compensar a menor valorização, relativamente à inflação, do preço de venda da energia produzida (Portela e Leitão 2000). Para os casos de estudo 2 e 3, o efeito do D. Lei n.º 168/99 na valorização da energia produzida não é evidente dada a proximidade entre as datas da entrada em vigor desse diploma legal e de início da exploração das respectivas centrais.

1 - Enquanto o D. Lei de 1988 era fundamentalmente baseado na aplicação de tarifas à energia produzida nos diferentes períodos tarifários a que acrescia uma taxa de potência, o D. Lei de 1999 teve já uma concepção próxima da dos decretos-leis que se lhe seguiram, baseada na consideração das três parcelas – a fixa, a variável e a ambiental – mencionadas no âmbito do item 2

O diagrama da Figura 2b) inclui a representação esquemática da evolução da inflação anual entre 1993 e 2008, último ano em que se encontra já publicada pelo INE a correspondente taxa anual.

A anterior figura permite concluir que, após a entrada em vigor do D. Lei n.º 168/99, a evolução do preço de venda do kWh produzido nos três casos de estudos acompanhou sensivelmente a evolução da inflação, embora de acordo com as especificidades de cada caso.

Com efeito, o facto de o caso 2 estar equipado com uma potência superior a 5 MW resulta numa menor valorização da energia produzida (por força de aplicação do factor LEV que se reduz para potências superiores àquele limite), enquanto a capacidade de regularização

disponível na albufeira do caso 3, embora muito reduzida, permite alguma concentração da produção diária no período fora das horas de vazio, de que resulta uma maior valorização do kWh produzido (por via do factor KMHO, referente à modulação tarifária).

A título de exemplo, com base nos casos de estudo 1 e 3 e para o período entre Dezembro de 2004 e Dezembro de 2008, comparam-se, na Figura 3, os valores unitários mensais de venda do kWh efectivamente praticados (coincidentes com os apresentados na Figura 2a) e os valores unitários que teriam sido aplicados se os aproveitamentos tivessem iniciado a exploração posteriormente, já ao abrigo do D. Lei n.º 33-A/2005, de 16 de Fevereiro, ou, em alternativa, do D. Lei n.º 225/2007, de 31 de Maio.

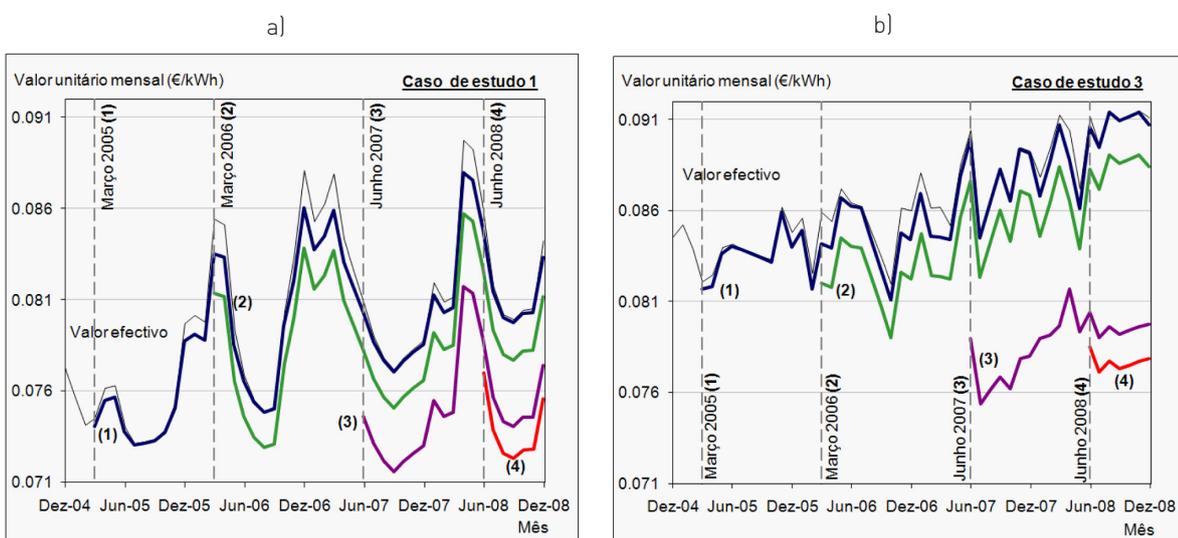


Figura 3 – Casos de estudo 1 e 3. Valores unitários de venda do kWh efectivamente praticados e decorrentes dos seguintes cenários: licenciamento ao abrigo do Decreto-Lei n.º 33-A/2005, com início de exploração em Março de 2005 (1) ou em Março de 2006 (2) e licenciamento ao abrigo do Decreto-Lei n.º 225/2007, com início de exploração em Junho de 2007 (3) ou em Junho de 2008 (4).

O cenário de licenciamento daqueles dois casos de estudo foi combinado com duas hipotéticas datas de início de exploração: uma no mês imediatamente a seguir ao da publicação de cada um dos diplomas e outra, um ano depois. Resultaram, assim, datas de Março de 2005 e de 2006, para o D. Lei n.º 33-A/2005 – curvas identificadas na Figura 3 por (1) e (2), respectivamente – e de Junho de 2007 e de 2008, para o D. Lei n.º 225/2007 – curvas identificadas na figura por (3) e (4), respectivamente.

A anterior figura evidencia muito claramente o

efeito de depreciação do valor de venda do kWh em consequência do disposto nos sucessivos diplomas legais. Tal depreciação resulta, no essencial, do facto de a legislação anterior ao ano de 2005 indexar, para efeitos de actualização, o preço de venda do kWh ao “índice de preços no consumidor, no Continente, sem habitação” referente a Dezembro de 1998, data que a partir do D. Lei de n.º 33-A/2005 deixou de ser fixa, tendo sido substituída pelo mês anterior ao de início do fornecimento de electricidade à rede pela central hidroeléctrica. A depreciação resultante é tanto mais

acentuada, quanto mais tarde se inicia a exploração, relativamente à data de entrada em vigor do diploma legal aplicável. Este facto é claramente evidenciado pela comparação entre valores unitários de venda do kWh no pressuposto de início de exploração em Março de 2005 ou de 2006, para licenciamento ao abrigo do D. Lei n.º 33-A/2005 – curvas (1) e (2) –, ou de início de exploração em Junho de 2007 ou de 2008, no caso de ser já aplicável o D. Lei n.º 225/2007 – curvas (3) e (4). Acresce que este último Decreto-Lei introduz uma menor valia adicional, concretamente, uma menor valorização da energia produzida em aproveitamentos dispendiosos, como no caso de estudo 3, de capacidade de regularização – no diagrama da Figura 3b), acentuada redução do valor unitário do kWh na passagem da curva (2) para a curva (3). Com efeito, nos termos daquela legislação, o factor KMHO que traduz a modulação tarifária em função do período horário de fornecimento de electricidade deixou de incidir sobre a parcela ambiental, aliás como exprime a equação [1]. A circunstância de se dispor de alguma capacidade de regularização torna-se, assim, menos interessante, não obstante o benefício que daí poderia advir, numa óptica mais abrangente, em termos de garantia de fornecimento de electricidade.

A circunstância de a menor valorização da receita esperada num pAHE não ter sido acompanhada, bem pelo contrário, por uma redução nos custos necessários à execução do projecto implica uma menor valia económica do investimento, nalguns casos mesmo a sua inviabilidade. Este facto começa a comprometer a realização de novos pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, assim como de outros centros electroprodutores de energias renováveis endógenas, com consequências no ritmo de concretização das metas de expansão estabelecidas para o sector por sucessivos governos nacionais e a nível da União Europeia.

6. CONSTRANGIMENTOS HIDROLÓGICOS À IMPLANTAÇÃO DE PEQUENOS APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS

Como antes enunciado, o segundo aspecto objecto de análise no âmbito deste artigo envolve considerações de índole hidrológica, sendo consubstanciado no presente item.

Neste contexto, importa mencionar que foram anteriormente desenvolvidos estudos para Portugal Continental com o objectivo de averiguar o designado risco hidrológico-económico, entendendo-se, por tal, o efeito da variabilidade temporal do regime fluvial na

sequência de receitas esperadas em pAHEs e, logo, na viabilidade económica dos empreendimentos (Portela 1990, Portela e Almeida 1991 e 1995, André 2007, Portela e André 2008).

Com efeito e por regra, o dimensionamento de um pequeno aproveitamento hidroeléctrico com exploração a fio-de-água ou dispendioso de uma pequena capacidade de regularização é efectuado no pressuposto de ocorrência de condições constantes e iguais às condições anuais médias, designadamente no que respeita a volumes anuais turbinados e, conseqüentemente, a energias produzidas. Contudo, mesmo que as séries hidrológicas possam ser consideradas homogéneas – o que se torna improvável num contexto de alterações climáticas –, a variabilidade temporal que caracteriza tais séries conduzirá a produções variáveis, sendo distintas as repercussões, em termos de viabilidade económica, da ocorrência de um período de anos secos no início da exploração ou decorridos alguns anos desse início.

Neste contexto e em linhas gerais, estudos efectuados revelaram que as séries históricas exibem sempre períodos de anos consecutivos acentuadamente secos que, a repetirem-se no futuro, conduziriam a produções energéticas que podem ser tanto mais reduzidas quanto menor a altura do escoamento anual médio na bacia hidrográfica do aproveitamento.

Não obstante, verifica-se que a caracterização de um pAHE no pressuposto de uma produção anual constante e igual à produção anual média constitui um critério de projecto adequado e, de certa forma, ligeiramente do lado da segurança, em termos do risco associado ao investimento. Com efeito, tendo por base mais de vinte hipotéticos pequenos aproveitamentos hidroeléctricos e admitindo períodos de exploração da ordem de 35 anos (André 2007, Portela e André 2008) verificou-se, que, a manter-se a variabilidade hidrológica exibida pelas amostras disponíveis de escoamentos, se esperam mais frequentemente receitas acumuladas actualizadas superiores à receita acumulada actualizada calculada na base de uma produção anual constante (probabilidade de não-excedência associada a última receita ligeiramente inferior a 50%).

A apreciação sumária a que se procedeu no âmbito do presente artigo foi distinta da precedente, tendo-se focado na detecção de tendências nas produções de energia que, de algum modo, apontassem no sentido da diminuição das energias produzidas, por diminuição dos volumes afluentes e que, desse modo, pudessem ser entendidas como indícios de mudança climática. Para o efeito adoptaram-se, a título de exemplo, os casos de estudo 1 e 2 do Quadro 4.

Atendendo a que os períodos de exploração desses casos de estudo são pequenos (inferiores a 17 anos) houve que prolongar a informação inerente aos

mesmos, para o que se obteve, primeiramente e em cada caso de estudo, uma série longa de caudais médios diários afluentes mediante aplicação dos procedimentos de transposição de informação hidrométrica desenvolvidos por Portela e Quintela 2006, amplamente testados para Portugal Continental. Com base nessa série e por recurso a um algoritmo computacional de simulação da exploração da respectiva central, estimou-se a correspondente série de energias produzidas, sobre a qual recaiu, finalmente, a análise de tendências.

Para o caso de estudo 1, a transposição de informação processou-se a partir da amostra de caudais médios diários na estação hidrométrica de Cabriz, no período de 40 anos entre 1966/67 e 2005/06, e para o caso

de estudo 2, da estação hidrométrica de Boticas, no período de 34 anos entre 1970/71 e 2003/04. A transposição foi também utilizada para preencher as falhas de registo exibidas pela primeira das anteriores estações hidrométricas, bem como para prolongar o respectivo período com registos de escoamento, para o que foi utilizada a estação hidrométrica de Fragas da Torre (08H/02H). As anteriores estações hidrométricas estão identificadas no Quadro 5 conjuntamente com algumas das suas características, incluindo a indicação dos períodos em que dispõem de registos de caudais médios diários de modo contínuo. Tais registos foram obtidos através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, SNIRH, da responsabilidade do Instituto da Água, INAG.

Quadro 5 – Estações hidrométricas utilizadas no estudo. Características gerais⁽¹⁾.

Nome (código)	Cabriz (07I/04H)	Fragas da Torre (08H/02H)	Boticas (03L/01H)
Curso de água	Ribeira de Sampaio	Rio Paiva	Rio Terva
Bacia hidrográfica principal	Rio Douro	Rio Douro	Rio Douro
Área da bacia hidrográfica (km ²)	17	660	101
Distância à meridiana, M (m)	201942,91	196025,22	240351,1
Distância à perpendicular, P (m)	455954,84	441273,35	523311,88
Período sem falhas de registos	1966/67 a 2003/04	1946/47 a 2005/06	1970/71 a 2003/04
Período com falhas de registo preenchidas	1997/98, 1998/99, 2004/05, 2005/06	--	--
Caso de estudo/estação hidrométrica a que foi aplicada	Caso de estudo 1	Cabriz (07I/04H)	Caso de estudo 2

⁽¹⁾ As áreas das bacias hidrográficas foram retiradas dos antigos anuários dos Serviços Hidráulicos.

O algoritmo de simulação da exploração de cada caso de estudo utilizou a equação da continuidade aplicada diariamente, tendo por base a estimativa da série de caudais médios diários afluentes à respectiva tomada de água, bem como as características do caso de estudo relevantes em termos da produção de energia, designadamente, os caudais máximo derivável e ecológico, a possibilidade de dispor de capacidade de eclusagem e os valores médios da queda útil e do rendimento da central hidroeléctrica.

Para validar a transposição de informação hidrométrica e o algoritmo de simulação da exploração diária de cada central compararam-se, para o maior sub-período do período de exploração em que foi possível estimar caudais médios diários afluentes (período

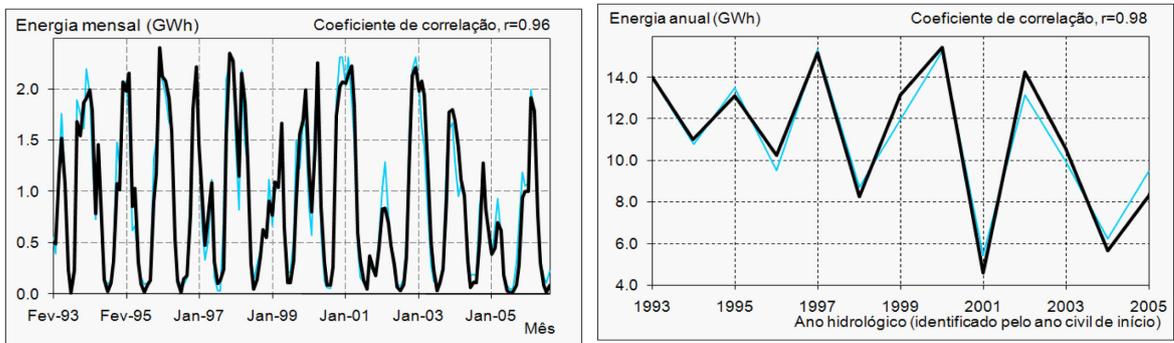
de validação), as energias mensais efectivamente produzidas e as obtidas a partir dos modelos matemáticos aplicados àqueles caudais. Os períodos de validação foram explicitados no Quadro 4.

Os resultados obtidos as níveis mensal e anual são apresentados na Figura 4 que também contém a indicação dos períodos de validação, bem como a dos coeficientes de correlação entre energias efectivamente produzidas e estimadas para cada um daqueles níveis temporais. Como antes mencionado, o algoritmo de simulação da exploração de cada central foi aplicado a nível diário. Por acumulação das energias diárias obtiveram-se as energias mensais a partir das quais se estimaram, por sua vez, as energias anuais. A Figura 4 permite concluir que o conjunto dos

modelos de transposição de informação hidrométrica/simulação da exploração diária da central conduz a energias estimadas que, tanto mensalmente, como anualmente, exibem elevadas correlações com as respectivas energias efectivamente produzidas (coeficientes de correlação entre 0.91 e 0.98). Considerou-se, assim, adequado proceder à aplicação daqueles modelos aos períodos com registos hidrométricos de modo a obter amostras longas de energias produzidas e, como tal, adequadas a serem utilizadas na detecção de quebras de homogeneidade que possam indiciar estar-se em presença de tendências.

Tal detecção utilizou basicamente a técnica de médias móveis em grupos de n anos hidrológicos. De acordo com esta técnica, são constituídos grupos de n anos hidrológicos consecutivos, com início sucessivo em cada um dos anos em que se dispõe do valor (real ou estimado) da energia produzida. Se os anos hidrológicos estiverem ordenados sequencialmente e se M designar o número de anos em que são conhecidas as produções anuais, o primeiro grupo decorre entre o ano 1 e o ano $1+(n-1)=n$ e o último grupo, entre os anos $M-n+1$ e M , sendo o número total de grupos que podem ser constituídos de $M-n+1$. Para cada grupo de n anos é calculada a média da produção anual de energia.

a) Caso de estudo 1: período entre Fevereiro/1993 e Setembro/2006.



b) Caso de estudo 2: período entre Janeiro/1997 e Setembro/2004.

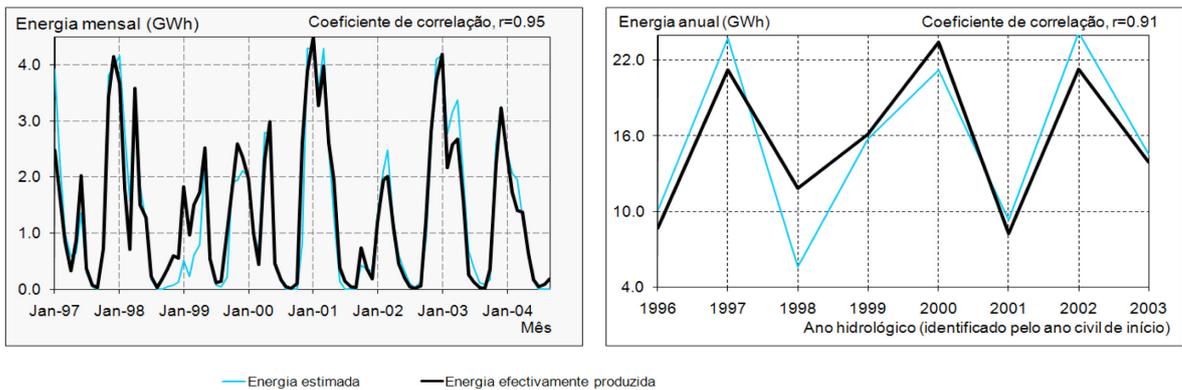


Figura 4 – Casos de estudo 1 e 2. Períodos de validação dos modelos. Comparação entre energias efectivamente produzidas e estimadas pelos modelos de transposição de informação hidrométrica/simulação da exploração diária da central.

A dimensão n deve ser, por um lado, suficientemente grande para que possa representar condições médias e, por outro lado, suficientemente pequena para permitir constituir um número tão elevado quanto possível de grupos de anos consecutivos. Dado que

as amostras de energias anuais de que se dispõe têm reduzidas dimensões (cerca de 40 anos), entendeu-se apurar médias móveis para n igual a 10 anos. Como os grupos assim formados são constituídos, no essencial, por produções efectivas combinadas com produções

estimadas, obtiveram-se, complementarmente e com carácter fundamentalmente elucidativo, as médias móveis para n igual a 5 anos, de modo a dispor de um número razoável de grupos envolvendo apenas produções efectivas de energia.

Não ocorrendo quebras de homogeneidade, a representação cronológica das médias móveis deve traduzir uma variação desordenada em torno da produção anual média. Em presença de tendências persistentes, como as atribuídas às alterações climáticas, é de esperar uma diminuição progressiva ou um aumento progressivo das sucessivas médias móveis.

Os períodos de anos hidrológicos consecutivos

sobre os quais recaiu a análise de médias móveis foram de 42 anos (1966/67 a 2007/08) e de 38 anos (1970/71 a 2007/08), para os casos de estudo 1 e 2, respectivamente. As energias anuais nos anteriores períodos foram calculadas por acumulação das energias mensais, quer efectivamente produzidas nos períodos de exploração, quer estimadas pelos modelos matemáticos aplicados fora desses períodos.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 5. A par com a representação das energias anuais, foram aí destacadas as energias anuais médias nos períodos analisados, bem como os inícios de exploração dos casos de estudos.

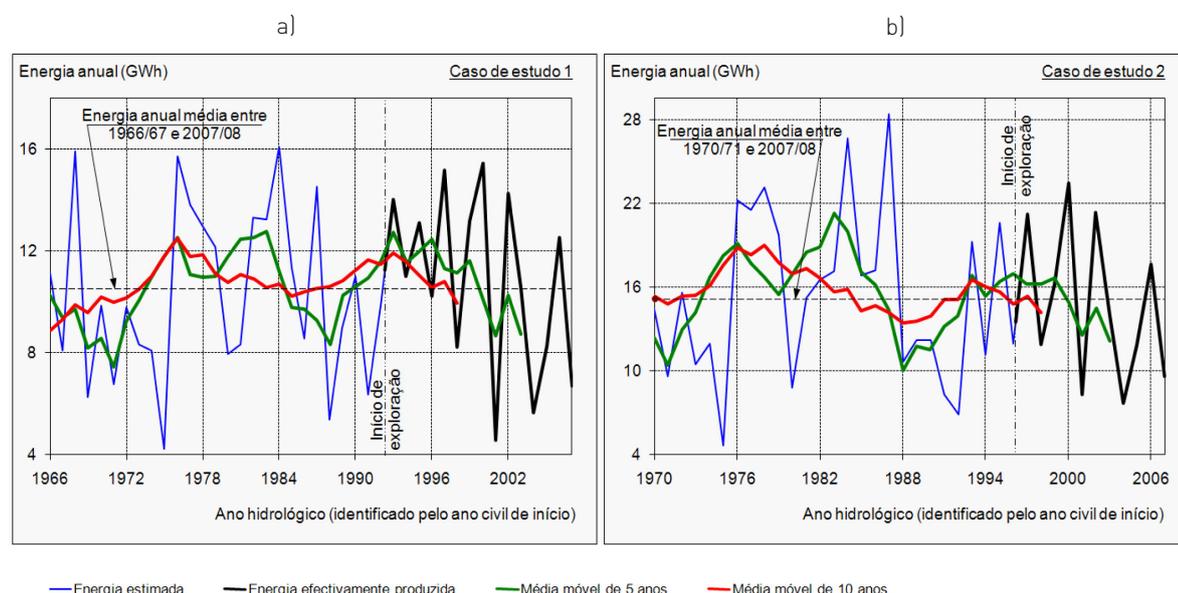


Figura 5 – Casos de estudo 1 e 2. Energias anuais e correspondentes médias móveis em períodos de 5 e de 10 anos consecutivos.

A anterior figura possibilita as seguintes conclusões:

- a) Tanto em grupos de 5 anos, como de 10 anos, ocorreram no passado médias móveis inferiores às médias móveis relativas aos grupos constituídos pelos anos mais recentes. Os anos mais recentes não prefiguram, portanto, situações excepcionais, em termos de produções muito altas ou muito baixas;
- b) As médias móveis flutuam sempre em torno das correspondentes energias anuais médias, não havendo indícios evidentes de quebras de

homogeneidade que sugiram tendências.

- c) As produções efectivamente registadas nos períodos de exploração aparentam exibir, em relação às produções anuais estimadas, uma maior variabilidade temporal.

Relativamente às anteriores alíneas a) e b), para testar de modo mais objectivo a ocorrência ou não de quebras de homogeneidade aplicaram-se os testes paramétrico de Student, (Murteira 1980) e não paramétrico de Mann-Whitney (Siegel 1975, Henriques 1990), tendo por base os procedimentos desenvolvidos por Portela e Quintela (1998 e 2001). De acordo com

estes procedimentos e em linhas gerais, cada amostra objecto da análise de tendências é subdividida em sucessivos conjuntos de duas sub amostras, uma anterior e outra posterior, com comparação das médias destas sub amostras por aplicação dos testes mencionados. Entre cada dois conjuntos sucessivos a dimensão da sub amostra anterior é incrementada de uma unidade e a da sub amostra posterior, diminuída de uma unidade.

Na aplicação à detecção de tendências nas energias produzidas nos casos de estudo 1 e 2, de modo a para conferir algum significado à análise estatística, adoptou-se a dimensão mínima de 10 anos para as sub amostras anteriores e posteriores. O nível de significância foi fixado em 5% (testes bilaterais). Os resultados que assim se obtiveram mostraram não

ocorrerem quebras de homogeneidade estatisticamente significativas nas amostras das produções anuais. Por outras palavras e contrariamente ao que seria de esperar, perante alterações climáticas, as amostras de produções anuais não exibem tendências que apontem consistentemente no sentido de essas produções estarem a diminuir.

Para apreciar a variabilidade temporal das produções anuais a que se refere a alínea c) das conclusões suscitadas pela Figura 5, representam-se na Figura 6 os coeficientes de variação das produções anuais nos sucessivos grupos de 10 anos adoptados na análise de médias móveis. Tal como anteriormente, não se consideraram as médias móveis em grupos de 5 anos dado o seu discutível significado estatístico.

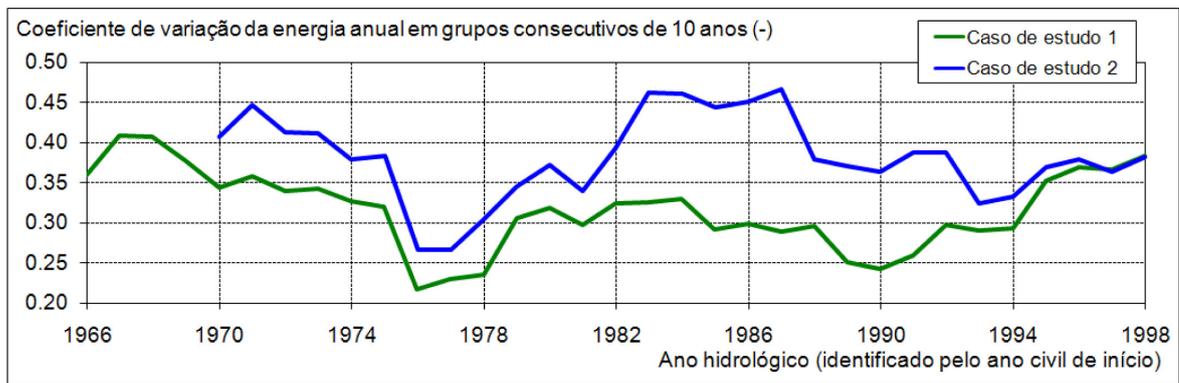


Figura 6 – Análise de médias móveis em grupos de 10 anos. Coeficientes de variação.

O coeficiente de variação de uma amostra é dado pelo quociente entre o desvio-padrão e a média da amostra. Em presença de uma amostra de uma variável temporal, tal coeficiente fornece, portanto, uma medida em relação à média da respectiva variabilidade temporal. Nesse entendimento, a anterior figura evidencia não ocorrerem alterações nos padrões dos coeficientes de variação nela representados, e, consequentemente, na variabilidade temporal relativa das amostras. Assim e em termos genéricos, julga-se válido concluir que, por ora e tanto quanto a análise efectuada permite sustentar, não foram detectadas alterações nas condições de produção de energia dos casos de estudo 1 e 2 que pudessem indiciar quebras de homogeneidade e consequentes tendências nas séries hidrológicas de que resultam tais produções.

7. PLANEAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS VS PLANEAMENTO DE APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS

A nova Lei da Água dedica particular atenção ao ordenamento e planeamento dos recursos hídricos, no sentido de compatibilizar a utilização desses recursos com a sua disponibilidade, protecção e valorização, bem como com a defesa de pessoas e bens contra fenómenos extremos associados à água (Leitão, 2005, 2007). O diploma visa ainda regular as utilizações dos recursos hídricos das zonas que com eles confinam, por forma a proteger a quantidade e a qualidade das águas, os ecossistemas aquáticos e os recursos sedimentológicos.

Mais especificamente, o planeamento dos recursos

hídricos tem por objectivos: (i) garantir a sua utilização sustentável, assegurando a satisfação das necessidades das gerações actuais sem comprometer as das gerações futuras; (ii) proporcionar critérios de afectação aos vários tipos de usos, tendo em conta o seu valor económico, e assegurar a harmonização da gestão das águas com o desenvolvimento regional e as políticas sectoriais; (iii) fixar as normas de qualidade ambiental e os critérios relativos ao estado das águas. A sua concretização processa-se através dos seguintes instrumentos: (i) Plano Nacional da Água, (ii) Planos de Gestão de Região Hidrográfica e respectivos programas de medidas; e (iii) Planos Específicos de Gestão das Águas, complementares dos anteriores. O planeamento dos recursos hídricos é norteado por vários princípios gerais, nomeadamente pelos seguintes:

- da integração horizontal/transversal com outros instrumentos de planeamento de nível territorial ou económico;
- da ponderação global dos aspectos ambientais, económicos, técnicos e institucionais com relevância para a gestão da água;
- da adaptação funcional, da durabilidade/continuidade do recurso e da sua qualidade;
- da participação dos utilizadores dos recursos hídricos, da informação e da cooperação internacional.

Como um dos usos mais significativos das águas fluviais, e não obstante o seu carácter não consumptivo, nem poluidor, a produção de energia hidroeléctrica deve estar sujeita às orientações dos planos de recursos hídricos, inserindo-se nos objectivos e programas de medidas que neles sejam definidos com vista à utilização mais eficaz e sustentável das águas superficiais e subterrâneas das diferentes regiões hidrográficas.

Mas o planeamento de aproveitamentos hidráulicos ou, mais precisamente, de aproveitamentos hidroeléctricos carece de uma análise complementar mais aprofundada que, embora inserida na visão global dos meios hídricos, defina e optimize as melhores soluções para esse tipo de utilização, vistas numa óptica de fins múltiplos ou de fins únicos. Tal análise será necessariamente assente na avaliação técnica, de custos e receitas e de impactes ambientais de cada projecto, ou de um conjunto de projectos situados na mesma linha de água, de modo a confirmar a respectiva viabilidade (Leitão 1986).

Para melhor percepção das diferenças essenciais entre as duas figuras de planeamento das águas, o Quadro 6 seguinte sintetiza os fundamentos e funções que caracterizam cada uma daquelas metodologias de planeamento:

A percepção da natureza complementar, mas diferenciada (até na escala em que o estudo se desenvolve), do planeamento dos recursos hídricos e do planeamento hidráulico é fundamental para que haja um efectivo aproveitamento do potencial hidroenergético e ele se processe, não só de acordo com as orientações estratégicas da política de gestão e protecção dos recursos hídricos, mas também segundo regras de ordem técnica (hidrológicas, energéticas, geológicas, construtivas e electromecânicas) que permitam seleccionar os melhores projectos para a utilização desses recursos.

Assim, o planeamento hidráulico permitirá gerar ou acolher, de forma ordenada e integrada, iniciativas individuais que, para além de respeitarem e racionalizarem o uso das disponibilidades hídricas, defenderem os interesses locais e regionais e assegurarem a preservação ambiental das áreas em que os empreendimentos se localizem, sejam económica e financeiramente viáveis e, portanto, constituam projectos exequíveis.

8. BREVES CONCLUSÕES

Após uma breve resenha da legislação aplicável à produção hidroeléctrica nacional gerada em aproveitamentos de pequena e média dimensão, avaliaram-se potencialidades e sistematizaram-se constrangimentos de natureza ambiental, económica e hidrológica à implantação de novos centros electroprodutores.

Em relação a constrangimentos, realçou-se que a ponderação dos impactes ambientais terá de ser feita projecto a projecto, tendo em conta os elementos mais relevantes, as soluções técnicas adoptadas e a ponderação dos seus efeitos. Em termos económicos, demonstrou-se existir uma depreciação das receitas sem contrapartida na diminuição dos custos de execução dos projectos, resultando numa sucessiva menor valia económica dos investimentos. Do ponto de vista hidrológico, tendo por base casos de estudo, não se detectaram, por ora, alterações nas condições de produção de algum modo imputáveis ao efeito das alterações climáticas.

Por fim, evidenciou-se a natureza diferenciada, mas complementar do planeamento dos recursos hídricos e do planeamento hidráulico, ambos essenciais ao efectivo aproveitamento do potencial hidroenergético português.

Quadro 6 – Fundamentos e funções do planeamento de recursos hídricos e do planeamento hidráulico.

Planeamento de recursos hídricos	Planeamento hidráulico
Fundamentos	
<ul style="list-style-type: none"> Gestão, protecção e valorização ambiental, económica e social dos recursos hídricos 	<ul style="list-style-type: none"> Definição de soluções técnicas para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos e avaliação dos seus impactos
<ul style="list-style-type: none"> Caracterização das potencialidades e das necessidades de utilização das águas, ao nível da bacia hidrográfica 	<ul style="list-style-type: none"> Importação e pormenorização dos dados contidos nos planos de recursos hídricos, com adequada mudança de escala
<ul style="list-style-type: none"> Integração e hierarquização dos problemas e das soluções, ao nível da região hidrográfica 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptação às restrições impostas pelos planos de recursos hídricos e pelos seus programas de medidas
<ul style="list-style-type: none"> Análises globais de custo-eficácia e de compatibilização com os objectivos sectoriais 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação económico-financeira e ambiental de cada projecto seleccionado
Funções	
<ul style="list-style-type: none"> Definição dos objectivos a prosseguir e dos níveis de satisfação/qualidade a atingir 	<ul style="list-style-type: none"> Equacionamento de necessidades e de soluções para a sua satisfação
<ul style="list-style-type: none"> Compatibilização das metas sectoriais e dos processos de desenvolvimento das regiões com as disponibilidades hídricas 	<ul style="list-style-type: none"> Inserção de pretensões individuais ou de interesses locais imperativos
<ul style="list-style-type: none"> Consideração de fins múltiplos de uso das águas e das suas implicações funcionais 	<ul style="list-style-type: none"> Justaposição/articulação dos problemas de conjunto ou pontuais a resolver
<ul style="list-style-type: none"> Adequação das utilizações das águas às características das bacias hidrográficas 	<ul style="list-style-type: none"> Resolução dos problemas técnicos e ambientais existentes ou previsíveis a prazo

BIBLIOGRAFIA

André, S. (2007). O risco hidrológico-económico associado à produção de energia em pequenos aproveitamentos hidroeléctricos em regime de produção independente, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (pós-Bolonha), Instituto Superior Técnico, IST, Lisboa.

Cortes, R.V., Ferreira, M.T., Oliveira, S.V. e Godinho, F.N. (1998). Contrasting impact of small dams on the macroinvertebrates of two Iberian mountain rivers. *Hydrobiologia* 389: 51-61.

Henriques, A.G. (1990). Modelos de distribuição de frequências de caudais de cheia, Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, IST, Lisboa.

Leitão, A.E. e Henriques, A.G. (2002). "Gestão dos recursos hídricos em Portugal nos últimos 25 anos. Deriva histórica, tendências actuais e perspectivas futuras", *Recursos Hídricos* 23: 67-84, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH).

Leitão, A.E. (1986). "Água e desenvolvimento económico. A actual situação portuguesa. Problemas e condicionamentos. Seminário sobre problemas e perspectivas da gestão dos recursos hídricos". Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais e Institut Europeen de l'Eau.

Leitão, A.E. (2005). "Da importância da nova Lei da Água". *Ingenium*, n.º 88, Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

Leitão, A.E. (2007). "Quadro legal e institucional de gestão da água em Portugal", in Cunha, L.V., Serra, A., Costa, J.V., Ribeiro, L., Oliveira, R.P. (eds.) *Reflexos da água*, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Lisboa.

McCartney, M.P., Sullivam, C. e Acreman, M.C. (2001). "Ecosystem impacts of large dams". Background paper n.º 2. Prepared for IUCN/UNEP/WCD.

Murteira, B.J.F. (1980), *Probabilidade e estatística*. Volume II, McGraw-Hill de Portugal.

- Petts, G.E. (1984). *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Portela, M.M. (1990). Risco hidrológico na análise económica de uma PCH - Valorização do kWh produzido em PCHs. Relatório do CEHIDRO para o Projecto PCH (Pequenas Centrais Hidroeléctricas), 48 p., Instituto Superior Técnico, IST, CEHIDRO, Lisboa.
- Portela, M.M. e André, S. (2008). "Risco hidrológico-económico da produção de energia em pequenas centrais hidroeléctricas", VIII Seminário Ibero-Americano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano, SEREA 2008, IST, Lisboa, Portugal.
- Portela, M.M. e Almeida, A.B. (1991). "Incidência da incerteza hidrológica na análise económica de uma PCH", V Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, pp. 122-131, Rio de Janeiro, Brasil.
- Portela, M.M. e Almeida, A.B. (1995). "Production evaluation of small powerplants under variable yearly flow conditions", *HIDROENERGIA* 95, 4 th International Conference and Exhibition, pp. 255-264, Milão, Itália.
- Portela, M.M. e Leitão, A.E. (2000). "The new tariff system in Portugal and its effects on the exploitation of small hydropower schemes", Proceedings of the International Water Power and Dam Construction Conference. Small Hydro 2000, pp. 239-256, Lisboa, Portugal.
- Portela, M.M. e Quintela, A.C. (1998). "Indícios de mudança climática em séries de precipitação em Portugal Continental", *Recursos Hídricos*, 19 (2 e 3): 41-74, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), ISSN 0870 1741, Lisboa.
- Portela, M.M. e Quintela, A.C. (2001). "A diminuição da precipitação em épocas do ano como indício de mudança climática. Casos estudados em Portugal Continental". *Ingeniería del Agua*, Vol. 8(1): 79-92, ISSN 1134-2196, Espanha..
- Portela; M.M. e Quintela, A.C. (2006). "Estimação em Portugal Continental de escoamentos e de capacidades úteis de albufeiras de regularização na ausência de informação". *Recursos Hídricos*, Vol 27(2): 7-18, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Número Temático: Hidrologia e Modelação Hidrológica, Lisboa.
- Portela, M.M. e Quintela, A.C. (2002). "Evaluation of the water resources in Portuguese watersheds without streamflow data", Conferencia Internacional de organismos de Cuenca (International Conference of Basin Organizations). Madrid, Espanha.
- Programa Nacional Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico (2007). Instituto da Água, Direcção Geral de Energia e Geologia e Redes Energéticas Nacionais.
- Quintela, A.C. (1967). *Recursos de águas superficiais em Portugal Continental*. Dissertação de Doutoramento, IST, Lisboa.
- REN (2000). *Cenários de Evolução Previsional da Produção em Regime Especial 2005-2025*.
- Santos, J.M., Ferreira, M.T., Pinheiro, A.N. e Bochechas, J. (2005). "Effects of small hydropower plants on fish assemblages in medium-sized streams in central and northern Portugal". *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 373-388
- Siegel, S. (1975). *Estatística não-paramétrica para as Ciências do Comportamento*, McGraw-Hill, Brasil.

