



PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TEJO

Melissa SONDERMANN¹, Rodrigo Proença de OLIVEIRA^{1,2}

1. *Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS), Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa; Portugal; email: melissa.sondermann@tecnico.ulisboa.pt, rodrigopoliveira@tecnico.ulisboa.pt*
2. *BLUEFOCUS; Lisboa, Portugal; email: jrs@bluefocus.pt*

RESUMO

A bacia internacional do Rio Tejo está entre as mais regularizadas da Europa. Seu estratégico e complexo sistema de infraestruturas hidráulicas tem por fim garantir o atendimento às diferentes procuras de água ao longo de toda a sua extensão. Com o objetivo de desenvolver uma análise temporal da produção de energia elétrica com origem hidráulica na bacia hidrográfica do rio Tejo, representou-se o complexo sistema de infraestruturas hidráulicas e de políticas de alocação da água da bacia no modelo de simulação Aquatool. Os resultados explicam a grande variabilidade inter-anual da produção de energia hidroelétrica em toda a bacia internacional, destacando-se a região do Médio Tejo, em Espanha, onde a maior parte das infraestruturas hidráulicas de regularização estão localizadas.

Palavras-Chave: Aquatool, produção de energia hidroelétrica, gestão de recursos hídricos, bacia internacional do rio Tejo.

1. INTRODUÇÃO

A relação água e energia é um grande desafio da gestão de recursos hídricos, uma vez que parte das infraestruturas hidráulicas de armazenamento tem como principal objetivo atender às necessidades do mercado energético. Além disso, os sistemas hidráulicos de produção de energia eléctrica estão cada vez mais equipados com sistemas de bombeamento que permitem o armazenamento da energia produzida a partir de fontes renováveis quando existe um excedente de produção. Os conflitos pelo uso da água entre o setor energético e os diversos usos consumptivos e ambientais são, por isso, significativos, principalmente em períodos de seca. Em bacias internacionais esta questão é ainda mais desafiadora, uma vez que a falta de uma gestão conjunta dos recursos hídricos acentua as divergências entre os setores a nível internacional (Wolf, 2007).

Na Península Ibérica, a contribuição das infraestruturas hidráulicas na matriz energética é bem significativa, apesar da alta variabilidade nos padrões de precipitação e escoamento e a expressiva procura de água, principalmente para o setor agrícola. A produção anual de energia eléctrica por fonte hídrica varia em anos secos e húmidos entre 18 TWh e 42 TWh, em Espanha, e entre 6 TWh a 17 TWh, em Portugal, representando respectivamente, em média, 11% da produção anual de electricidade em Espanha e 23% em Portugal (APREN, 2020, REE, 2020). Este trabalho tem o objetivo de melhor compreender a distribuição temporal da produção de energia por fonte hidráulica na bacia internacional do rio Tejo, uma das mais regularizadas de toda a Europa.

2. ENQUADRAMENTO

Na bacia hidrográfica do rio Tejo, a complexa rede de infraestruturas hidráulicas é composta por um grande número de albufeiras, com uma capacidade total de armazenamento de 13 970 hm³, sendo 11 150 hm³ em Espanha e 2 820 hm³ em Portugal, que no seu conjunto atendem cerca de 15% das necessidades de água da população espanhola e 30% da portuguesa. O modelo de simulação da bacia hidrográfica desenvolvido a um passo de cálculo mensal no Aquatool (Andreu, *et al.* 1996) considerou 43 albufeiras e 22 centrais hidroelétricas selecionadas com base na capacidade de armazenamento (> 10 hm³ em Portugal e > 50 hm³ em Espanha) e de

produção de energia (> 20MW). As necessidades de água para o uso consumptivo dos setores urbano, agrícola e industrial e os caudais ecológicos atualmente existentes na bacia hidrográfica foram consideradas no modelo (APA, 2016; CHT, 2018a). As séries de escoamento mensal em regime natural para o período de 1960/61 a 2015/16 foram geradas a partir do modelo hidrológico de precipitação-escoamento de Temez (Temez, 1977). As regras de operação nas albufeiras foram ajustadas para que representasse uma situação de alta garantia de atendimento aos usos consumptivos e caudais ecológicos definidos nos pontos estratégicos. As exigências de caudais mínimos estabelecidas na Convenção de Albufeira também foram inseridas, assim como as regras definidas pelo Real Decreto 773/2014 que estabelece os volumes turbinados pelo Transvase Tajo-Segura, com base nos volumes armazenados nas albufeiras de Entrepeñas e Buendia.

A validação do modelo foi feita através da comparação dos dados observados e modelados do escoamento em pontos estratégicos na bacia hidrográfica, das aflúências e dos volumes armazenados nas albufeiras, assim como dos volumes turbinados nas centrais hidroelétricas. Os resultados obtidos com a comparação entre os dados observados e simulados mostram que o modelo representa satisfatoriamente o regime de operação das principais albufeiras na bacia, sendo as diferenças justificadas pela utilização do cenário atual (2016) de necessidades de água ao longo de todo o período da simulação e pelo desconhecimento das regras de operação de algumas infraestruturas, principalmente em Espanha.

3. CONCLUSÕES

A produção anual média de energia elétrica com origem hidráulica na bacia do Tejo é de 4 620 GWh e distribui-se de forma heterogénea entre as três regiões, Alto, Médio e Baixo Tejo (Figura 1). A região do Médio Tejo, em Espanha, contribui com 60% da produção anual média, principalmente, devido aos volumes turbinados nas centrais hidroelétricas de Alcantara, Cedillo e Valdecañas. A região do Baixo Tejo, em Portugal, contribui com 32% da produção anual média de energia hidroelétrica na bacia, seguida do Alto Tejo com 8%. Do total de energia hidroelétrica produzida em Portugal, 57% correspondem à energia gerada pelas centrais hidroelétricas de Castelo de Bode, Bouça, Cabril e Santa Luzia, localizadas na sub-bacia do rio Zezere, e 5% à produção de energia hidroelétrica por Pracana, localizada na sub-bacia do rio Ocreza, ambos afluentes do rio Tejo inteiramente localizado em território português. Os restantes 38% correspondem à produção de energia hidroelétrica por Fratel e Belver, albufeiras com regime de operação a-fio-d'água, sem volume útil de armazenamento significativo, mas por estarem localizadas no troço principal do Rio Tejo aproveitam os volumes provenientes de Espanha.

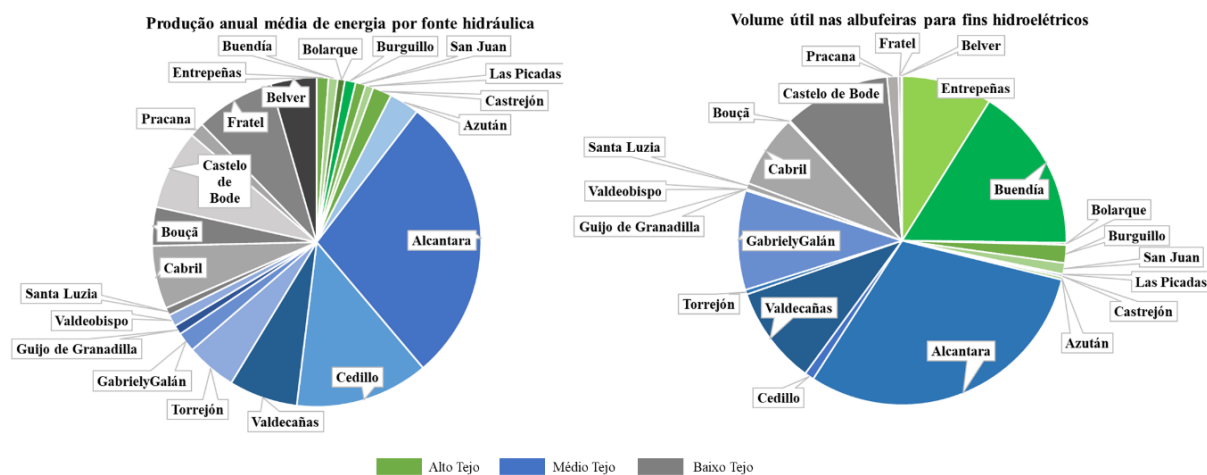


Figura 1: Produção anual média de energia elétrica por fonte hídrica e volume útil nas albufeiras.

A produção de energia elétrica com origem hidráulica na bacia do Tejo apresenta uma grande variabilidade inter-anual, uma vez que o volume de água atribuído à produção depende não só da disponibilidade desse recurso, mas também da procura de outros recursos energéticos alternativos, como o vento ou a radiação solar (Figura 2). Verifica-se que a produção de energia foi consideravelmente mais baixa em todas as regiões nos períodos de seca de 1980, 1990-92, 1998-99, 2004-05, 2007-08 e 2011. A análise por regiões identifica uma maior variabilidade inter-anual da produção de energia hidroelétrica no Médio Tejo, em Espanha. A região do Baixo Tejo, em Portugal, também apresenta alta variabilidade inter-anual, devido à produção de energia hidrelétrica gerada pelas albufeiras de Fratel e Belver que segue os padrões de escoamento de montante. Das três regiões, o Alto Tejo é o que apresenta a menor variabilidade inter-anual na produção de energia hidroelétrica ao longo do período em análise.

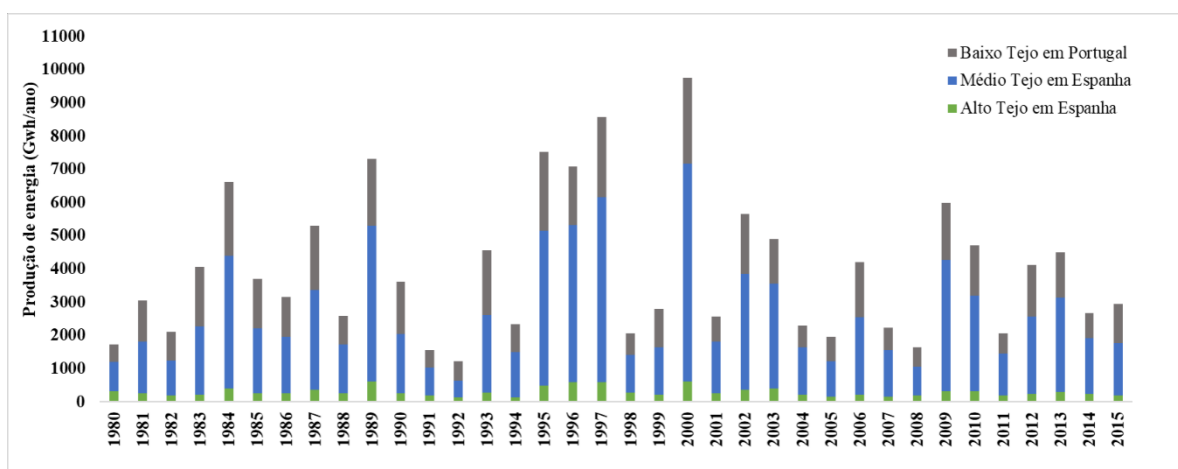


Figura 2: Distribuição temporal da produção anual de energia elétrica por fonte hídrica nas três regiões.

A Figura 3 apresenta a relação entre a produtividade (Gwh/hm^3) e o volume médio armazenado nas albufeiras de cada uma das três regiões (hm^3). Os valores de produtividade aumentam com o volume armazenado nas albufeiras que permite assegurar valores de queda mais elevados. Dada as características das infraestruturas hidráulicas, há maior variação do volume armazenado nas albufeiras nas regiões do Alto e Médio Tejo, do que no Baixo Tejo. O Médio Tejo apresenta maiores valores de armazenamento. Na região do Baixo Tejo, observa-se a menor variação do volume armazenado nas albufeiras, o que se explica pela contribuição de Fratel e Belver. A alta produtividade do Baixo Tejo é explicada pelas quedas elevadas de Castelo Bode, Cabril e Santa Luzia. A regra de operação da albufeira de Castelo de Bode privilegia o armazenamento para assegurar o atendimento de usos consumptivos da região metropolitana de Lisboa.

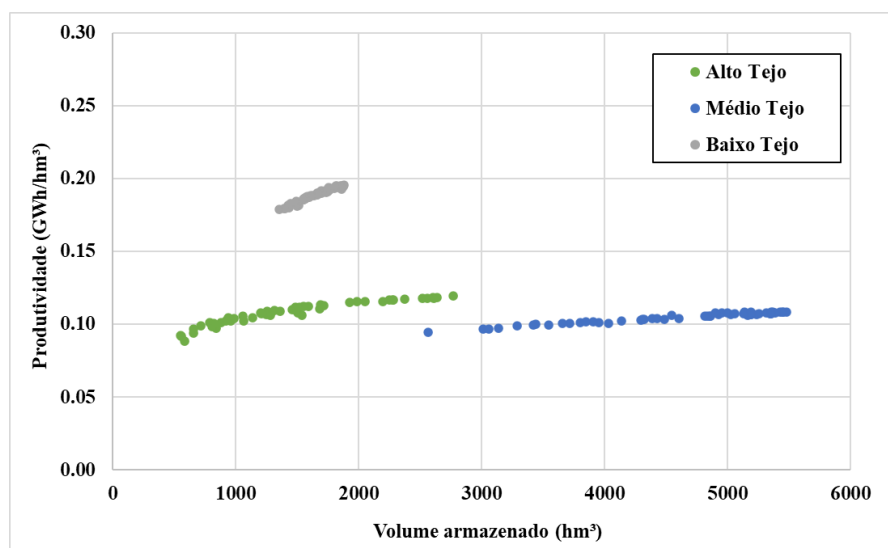


Figura 3: Relação da produtividade média de cada região com o volume armazenado médio do ano (cada ponto representa um ano).

Estudos em bacias hidrográficas internacionais, como o presente, que englobam a totalidade da bacia hidrográfica são de extrema importância para melhorar compreensão dos regimes de escoamento e da operação das infraestruturas hidráulicas e, assim, melhorar a gestão integrada de recursos hídricos e as políticas de alocação da água. Em face dos cenários de alteração climática, estes estudos permitem também antecipar medidas de adaptação eficazes podem contribuir para a redução dos riscos e das vulnerabilidades na bacia hidrográfica. Por fim, acrescenta-se que em estudos futuros a adoção de passo de cálculo a nível diário será de uma mais-valia para a interpretação dos resultados.

AGRADECIMENTOS

Melissa Nogueira Sondermann é detentora de uma bolsa de doutoramento concedida pela Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, J., Capilla, J., Sanchís, E., 1996. AQUATOOL, a generalized decision-support system for water-resources planning and operational management. *J. Hydrol.* 177, 269–291. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02963-X](https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02963-X)
- APA, Agência Portuguesa do Ambiente, 2016. Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5).
- APREN [WWW Document], 2020. . Assoc. Energias Renov. URL <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao> (accessed 4.2.20).
- CHT, Confederación Hidrográfica del Tajo, 2018. Plan Especial de Sequía Demarcación Hidrográfica del Tajo.
- DHT, Demarcación Hidrográfica del Tajo, 2015. Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Anejo de la Memoria 5 Caudales Ecológicos.
- REE [WWW Document], 2020. . Red Eléctrica España. URL <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion> (accessed 4.2.20).
- Témez, J. R. 1977. Modelo Matemático de transformación “precipitación-escorrenría”. Asociación de Investigación Industrial Eléctrica. ASINEL. Madrid. 39pp.
- Wolf, A.T., 2007. Shared Waters: Conflict and Cooperation. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32, 241–269. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.041006.101434>

