



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DO EVENTO DE CHEIA DE JANEIRO DE 2016 NA BACIA DO RIO MONDEGO E CONTRIBUTO PARA A CONCEÇÃO DE UM SISTEMA DE PREVISÃO E ALERTA DE INUNDAÇÕES

José, VIEIRA¹; José, PINHO²; Luís, VIEIRA³; Stênio, VENÂNCIO⁴; Nuno, SIMÕES⁵; Alfeu, SÁ MARQUES⁶; Fernando, SEABRA SANTOS⁷

¹ Professor Catedrático, Universidade do Minho, jvieira@civil.uminho.pt

² Professor Auxiliar, Universidade do Minho, jpinho@civil.uminho.pt

³ Investigador, MSc Eng. Civil, Universidade do Minho, luís.vasquez.vieira@gmail.com

⁴ Professor Auxiliar, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, stenio.venancio@uftm.edu.br

⁵ Professor Auxiliar, Universidade de Coimbra, nunocs@dec.uc.pt

⁶ Professor Auxiliar, Universidade de Coimbra, jasm@dec.uc.pt

⁷ Professor Catedrático, Universidade de Coimbra, fseabra@ci.uc.pt

Resumo

O evento de cheia que ocorreu entre 9 e 11 de janeiro de 2016 no rio Mondego provocou inundações na cidade de Coimbra, acarretando prejuízos materiais consideráveis. Apresenta-se uma análise das condições hidrológicas e hidráulicas que concorreram para o evento de cheia. Procedeu-se a uma caracterização do sistema de previsão e alerta em funcionamento e apresenta-se uma solução conceptual para o seu desenvolvimento e atualização suportados por ferramentas de modelação. Um dos modelos hidrológicos e hidrodinâmicos utilizados no trabalho foi construído com o programa Sobek, tendo-se utilizado outras ferramentas de modelação para simulação de aspetos específicos do sistema fluvial. Aquelas foram utilizadas na análise e verificação de condições específicas do escoamento na cidade de Coimbra e na avaliação das condições de transporte de sedimentos no trecho fluvial. Apresentam-se resultados para os fatores que influenciam os níveis do rio Mondego em Coimbra e que poderão, consequentemente, dar origem a inundações na cidade. Concluiu-se que para o evento de inundação de janeiro de 2016 as descargas realizadas nas barragens de montante foram determinantes para os níveis de água verificados na cidade de Coimbra. No período que antecedeu o evento de inundação, os níveis na albufeira da Aguieira não foram baixados para a cota 117,0 m como recomendado pelas regras operacionais estabelecidas.

Palavras-chave: Modelação de cheias, rio Mondego, sistemas de previsão e alerta.

Tema: TIC e sistemas de previsão e de alerta na gestão dos recursos hídricos.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

1. INTRODUÇÃO

Os eventos de inundação em zonas urbanas ribeirinhas implicam frequentemente prejuízos consideráveis. Estes eventos podem danificar infraestruturas e colocar em perigo pessoas, pelo que a sua previsão atempada poderá permitir benefícios económicos consideráveis e aumentar a segurança das populações. Os eventos de precipitação intensa não são o único fator que explica a ocorrência de inundações. A inadequada utilização dos solos, ineficientes infraestruturas de drenagem e operação incorreta de estruturas hidráulicas poderão ser corresponsáveis pela ocorrência de inundações.

O progresso considerável verificado nos recursos computacionais assim como a capacidade para o processamento de grandes volumes de dados, permitiu o desenvolvimento de novas ferramentas hidroinformáticas que permitem apoiar e aplicar novas metodologias de gestão de cheias, integrando bases de dados, modelos hidrológicos e modelos hidrodinâmicos. Os modelos hidrológicos e hidrodinâmicos devidamente calibrados permitem simular de forma rigorosa o complexo comportamento hidrodinâmico dos sistemas fluviais durante os eventos de inundação e prever as suas características, ainda que em condições de incerteza, desde que possam ser alimentados com resultados de previsões de modelos atmosféricos.

Este artigo apresenta a simulação do evento de cheia que ocorreu entre 9 e 11 de janeiro de 2016 no rio Mondego, provocando inundações na cidade de Coimbra. A análise do evento de cheia foi baseada em informação meteorológica e hidrométrica disponível, complementada com resultados de modelos hidrológicos, hidrodinâmicos e morfodinâmicos construídos no âmbito deste estudo. Analisa-se a operação dos aproveitamentos hidráulicos realizada durante o evento e apresenta-se uma proposta para o desenvolvimento do sistema de previsão e alerta de cheias e inundações.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA FLUVIAL

A bacia do rio Mondego apresenta uma área aproximada de 6660 km². O rio nasce na Serra da Estrela e desagua no Oceano Atlântico junto da cidade da Figueira da Foz, apresentando um percurso com cerca de 258 km. Os seus principais afluentes são os rios Dão, Alva e Ceira. O presente estudo centra-se no trecho intermédio do rio Mondego, incluindo as principais barragens a montante (Aguieira, Raiva e Fronhas), o trecho que atravessa a cidade de Coimbra, terminando numa secção a jusante do Açude-Ponte (Santos et al. 2002).

Existem na área em estudo diversas barragens (DGRAH, 1987) cuja exploração apresenta uma influência direta nas características de escoamento junto da cidade de Coimbra: a barragem da Raiva (BR), a barragem de Fronhas (BF) e o Açude-Ponte de Coimbra (APC). A barragem da Aguieira (BA) que opera a montante da BR é aquela que apresenta maior capacidade de armazenamento. A água armazenada na BF pode ser transferida para a albufeira da BA. Os caudais descarregados ou turbinados para a BR poderão retornar à albufeira da BA através de bombagem. O Rio Ceira não tem qualquer estrutura que permita a regularização dos caudais.

O trecho fluvial em análise compreende três segmentos distintos. Um segmento inicial, localizado entre a BR e a Ponte da Portela (EN 17), formado por um leito menor com cerca de 80 m de largura superficial e um leito de cheia bem definido, utilizado para atividades agrícolas, desenvolvendo-se num vale encaixado. Neste segmento o perfil apresenta-se com inclinações da ordem de 0,08% (entre a BR e a Ponte da Portela), incluindo diversas estruturas de retenção de pequena queda ao longo do seu curso. O segmento seguinte faz a transição entre o trecho inicial e o leito regularizado, apresentando o seu leito menor uma secção com largura aproximada de 200 m. No último segmento, o leito menor é delimitado por muros verticais que resultaram da fixação do leito corresponde a regimes de escoamento normais do rio Mondego na zona de atravessamento da cidade de Coimbra.

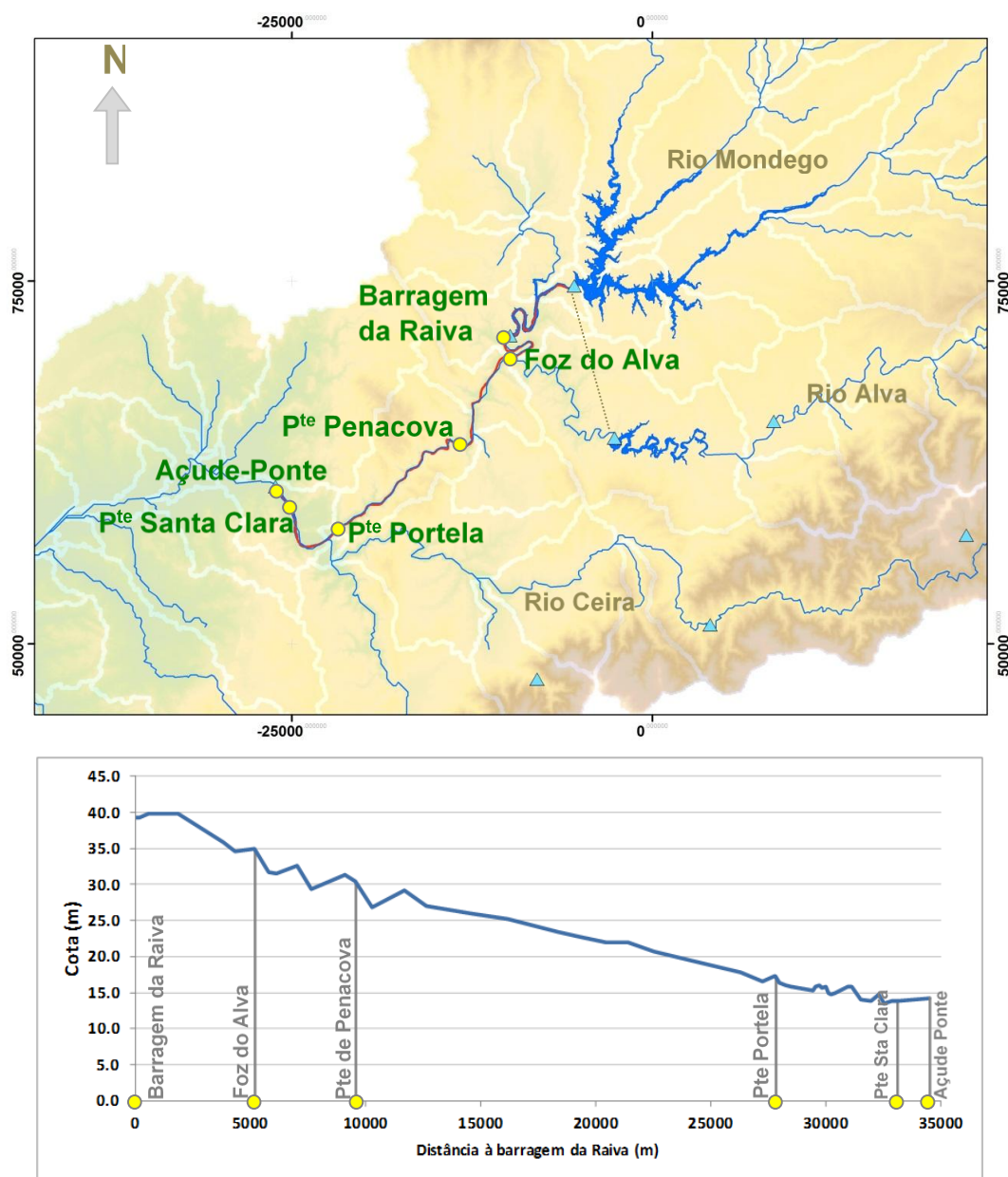


Figura 1. Região intermédia da bacia do rio Mondego onde se localizam as barragens com



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

influência nos caudais escoados junto da cidade de Coimbra (superior) e perfil longitudinal do trecho fluvial (inferior).

O APC apresenta uma albufeira de pequeno volume ($1,6 \text{ hm}^3$ para o nível da água à cota de 18,0 m) sendo, contudo, responsável pelo controlo dos níveis para montante da secção da sua implantação para caudais até $930 \text{ m}^3/\text{s}$. Para valores superiores, de acordo com as regras de operação desta infraestrutura, as comportas são abertas na sua totalidade passando o APC a funcionar em regime livre (regime de escoamento condicionado apenas pelas contrações provocadas pelos pilares de apoio ao tabuleiro da ponte e comportas móveis e condicionado ainda pela geometria e condições de escoamento no leito fluvial do rio Mondego a jusante da secção do APC).

Analisa-se de forma pormenorizada as condições de inundabilidade no último segmento anteriormente descrito. A ligação deste segmento à BR, incluindo o rio Ceira, a bacia intermédia e um trecho do rio Alva a jusante da BF, permitindo propagar os caudais descarregados nestas estruturas até à cidade de Coimbra.

3. MODELO HIDROLÓGICO E HIDRODINÂMICO

Foi construído e calibrado um modelo hidrológico das sub-bacias não dominadas por barragens e que contribuem para o escoamento no trecho onde ocorreram inundações na cidade de Coimbra. Foi utilizado um dos modelos hidrológicos disponíveis no programa Sobek baseado no modelo de Sacramento. A definição dos parâmetros necessários para a modelação de cada uma das sub-bacias foi conseguida com base numa ferramenta de otimização global que permite a resolução do problema de minimização de uma função dos erros no período de calibração, utilizando diferentes algoritmos. O modelo hidrodinâmico do trecho fluvial foi construído com o módulo *flow-rural* do programa Sobek (Deltares, 2016).

O modelo hidrológico de Sacramento, permite quantificar o escoamento instantâneo total utilizando como dados de entrada a precipitação média na bacia e a evapotranspiração. Neste modelo o solo é dividido em duas camadas principais: (i) a camada superior na qual ocorrem os processos rápidos junto à superfície do solo: evaporação, percolação, escoamento superficial e escoamento sub-superficial; (ii) a camada inferior em que ocorrem os processos lentos da região não saturada do solo: transpiração, recarga do aquífero e escoamento de base. Em ambas as camadas são consideradas duas sub-camadas: uma onde a água está sob efeito da tensão superficial (capilaridade) e outra onde se encontra sob efeito da pressão hidrostática (água livre). O mecanismo de funcionamento do modelo pode ser resumido do seguinte modo: a água é armazenada numa determinada porção da coluna do solo como água sob tensão superficial até que a capacidade deste reservatório seja atingida. A partir daí, toda água adicionada ao sistema será armazenada como água livre. O volume de água sob tensão superficial só pode ser diminuído através de evaporação ou transpiração, enquanto a água livre também sofre decaimento devido à percolação da camada superior para a camada inferior, escoamento sub-superficial, escoamento de base e recarga do aquífero. O caudal instantâneo total é composto por fluxos provenientes de processos nas sub-camadas de água livre das camadas superior e inferior: (i) escoamento direto proveniente da chuva que cai sobre a fração impermeabilizada da bacia,

apresentando uma resposta hidrológica à escala de horas; (ii) escoamento superficial proveniente da chuva quando a camada superior do solo estiver saturada, apresentando uma resposta hidrológica à escala de horas; (iii) escoamento sub-superficial função do grau de saturação parcial da sub-camada de água livre da camada superior, apresentando uma resposta hidrológica à escala de dias; (iv) escoamento de base primário proveniente da sub-camada de água livre primária da camada inferior, apresentando uma resposta hidrológica à escala de semanas ou meses; (v) escoamento de base suplementar proveniente da sub-camada de água livre suplementar da camada inferior, apresentando uma resposta hidrológica à escala de dias a semanas.

A modelação de escoamentos unidimensionais é baseada nas equações de continuidade e de conservação da quantidade de movimento. Os modelos de albufeiras foram criados recorrendo a trechos de canal que simulam os diferentes circuitos hidráulicos associados a cada uma das estruturas de descarga na barragem e a albufeira foi simulada com base na sua curva característica (área *versus* profundidade) e um nó de armazenamento onde é considerada a referida curva.

Os níveis da superfície livre no trecho fluvial analisado dependem das descargas efetuadas nas barragens a montante e da operação das comportas do Açude-Ponte de Coimbra, pelo que o módulo de controlo em tempo real disponível no programa Sobek foi fundamental para definir cenários hidrodinâmicos relativos às operações das estruturas hidráulicas durante o evento de inundação.

4. CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO DE CHEIA

No evento de cheia de Janeiro de 2016 foram registados valores de precipitação em sete estações meteorológicas da bacia do rio Mondego. Estes registos de frequência horária foram obtidos no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos nas estações meteorológicas de Alagoa, Maçainhas, Mangualde, Pombal, Santa Comba Dão, Sátão e Soure (SNIRH, 2016). Os valores máximos diários registados no mesmo período são apresentados na Tabela 1, podendo-se comparar com o valor máximo diário de precipitação registado na série que compreende a totalidade de registos de cada uma das estações. Apresenta-se ainda uma comparação entre a precipitação acumulada entre 1 e 11 de Janeiro de 2016 e o valor máximo dos valores acumulados em períodos consecutivos de 11 dias, considerando a totalidade dos registos históricos disponíveis para cada estação.

A informação relativa a níveis hidrométricos e caudais registados no período de cheia, com frequência horária, foram disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente. Na Fig. 2 são apresentados os níveis de água a montante do APC, nas albufeiras das barragens de Agueira e Fronhas e os níveis na estação hidrométrica Ponte Santa Clara. Incluem-se ainda gráficos relativos a caudais afluentes à BA, a caudais efluentes da BR, ao caudal estimado a partir da respetiva curva de vazão em Ponte de Conraria, próximo da foz do rio Ceira, e os caudais afluentes ao APC estimados com base na respetiva curva de vazão.

O nível na albufeira da BA verificou uma subida a partir do dia 1 de Janeiro de 2016 desde a cota 117,89 m até atingir um valor de 120,12 m (10-1-2016 00:00) na proximidade da

ocorrência do evento de cheia. Durante este evento foi atingido um valor máximo de 124,66 m. Na albufeira da BF registou-se um valor crescente do nível da superfície livre no período analisado, variando entre 118,59 m (01-01-2016 00:00) e um nível máximo de 131,94 m (12-01-2016 06:00). Esta variação resultou do armazenamento da quase totalidade dos volumes afluentes a esta secção, tendo sido limitadas as descargas na BF a valores quase nulos durante a fase inicial do período em análise. Durante o evento de cheia procedeu-se à transferência de parte do volume para a albufeira da BA e limitou-se os valores das descargas através do descarregador de cheias.

Na estação hidrométrica da Ponte de Santa Clara (localizada imediatamente a jusante da ponte) o nível atingido no pico de cheia foi de 19,56 m. Salienta-se que esta estação se localiza a cerca de 1300 m a montante do APC e que se verificou, portanto, um incremento do nível da superfície livre entre estes dois pontos do trecho fluvial de 1,55 m no pico de cheia.

Tabela 1. Precipitações diárias e acumuladas no período de 1 a 11 de Janeiro de 2016.

Estação SNIRH	A (mm)	B (mm)	A/Bx100 (%)	C (mm)	D (mm)	C/Dx100 (%)
Alagoa	214	294	73	47	71	67
Maçainhas	120	411	29	25	115	22
Mangualde	254	430	59	61	134	46
Pombal	155	306	51	35	105	34
Santa Comba Dão	327	424	77	69	113	61
Soure	139	310	45	23	120	20
Satão	156	408	38	55	107	51

A - Precipitação acumulada entre 1 Jan e 11 Jan.

B - Precipitações acumuladas em períodos de 11 dias - valores máximos históricos.

C - Precipitação diária máxima entre 1 Jan e 11 Jan.

D - Precipitação diária máxima - período de registo da estação.

O hidrograma de cheia afluente à albufeira da BA apresentou um pico de 1777 m³/s (11-01-2016 02:00). Não se consideram neste valor outros potenciais caudais afluentes a esta albufeira (transferidos da BF e/ou elevados por bombagem a partir da albufeira da BR). O valor máximo efluente da BA para a albufeira da Raiva atingiu o valor de 1118 m³/s (11-01-2016 12:00). Durante a fase inicial do período em análise a operação da barragem contemplou turbinamento e bombagem da albufeira da BR para a albufeira da BA (registos não incluídos neste artigo). O caudal máximo efluente na BR atingiu um valor semelhante ao valor efluente na BA (1108 m³/s em 11-01-2016 12:00), o que é consentâneo com as características de armazenamento da albufeira da BR. Os caudais da sub-bacia do rio Ceira (na estação de Ponte Conraria) foram estimados, tendo por base a altura hidrométrica registada e as respetivas curvas de vazão disponíveis no SNIRH. Assim, obteve-se um caudal de ponta de cheia de 255 m³/s a 11-01-2016 14:00.

Os caudais registados no APC atingiram um valor máximo da ordem de $1500 \text{ m}^3/\text{s}$. Estes caudais, segundo informação fornecida pela APA, são estimados com base em curvas de vazão que foram estabelecidas no projeto do APC (Hidroprojecto, 1978) e no nível hidrométrico registado com base nos sensores de nível instalados no açude.

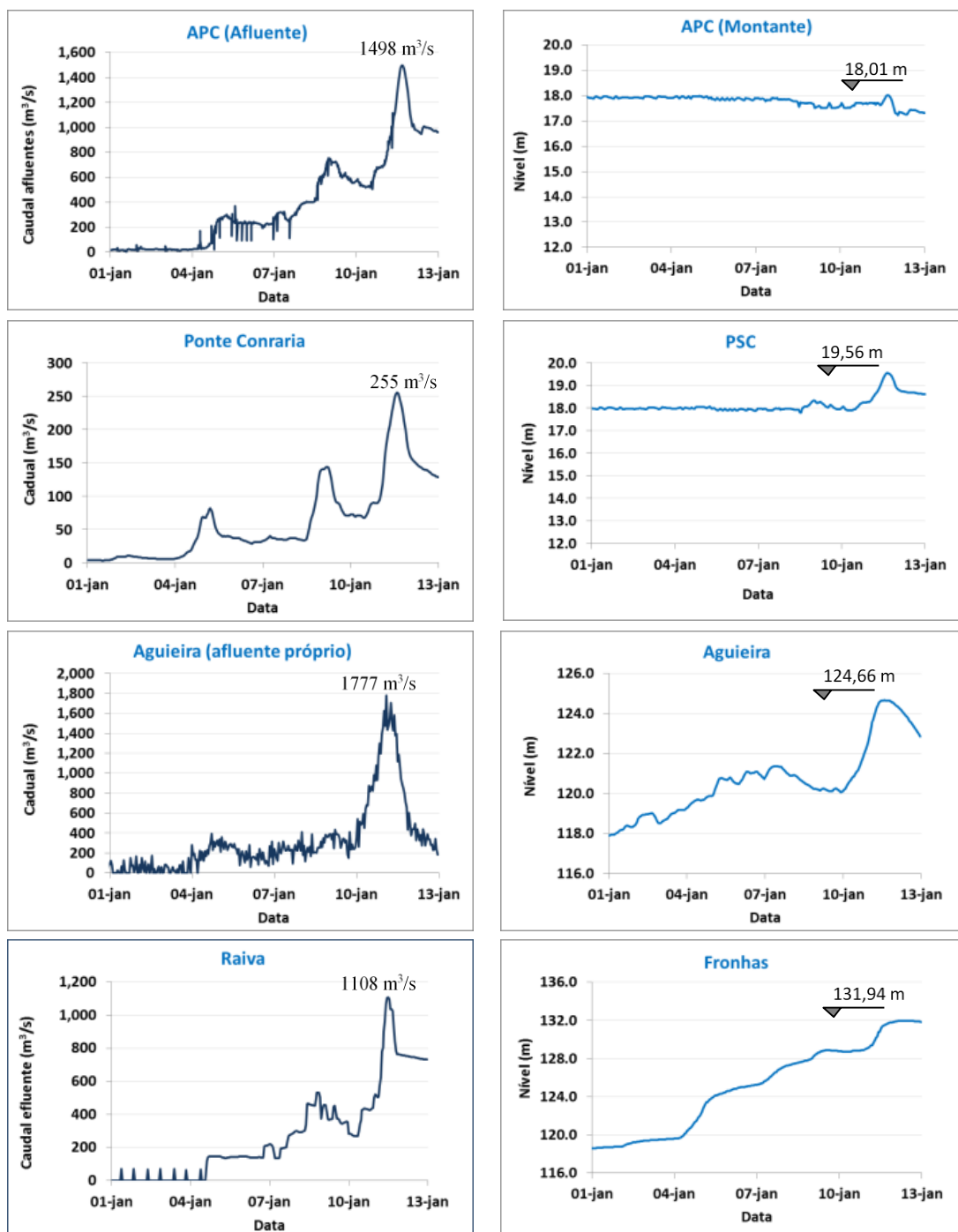


Figura 2. Níveis e caudais observados durante o evento de cheia de Janeiro de 2016.

5. RESULTADOS

5.1 Condições de inundabilidade

Os modelos foram devidamente calibrados, permitindo uma simulação praticamente coincidente (Fig. 3) com os níveis observados na Ponte de Santa Clara, localizada a jusante das zonas inundadas durante a cheia. Nesta simulação foi considerada a sequência de abertura das comportas do APC, os caudais turbinados e descarregados nas barragens de montante, o contributo do rio Ceira estimado com base na curva de vazão da estação hidrométrica Ponte de Conraria e os caudais da bacia intermédia estimados com o modelo hidrológico.

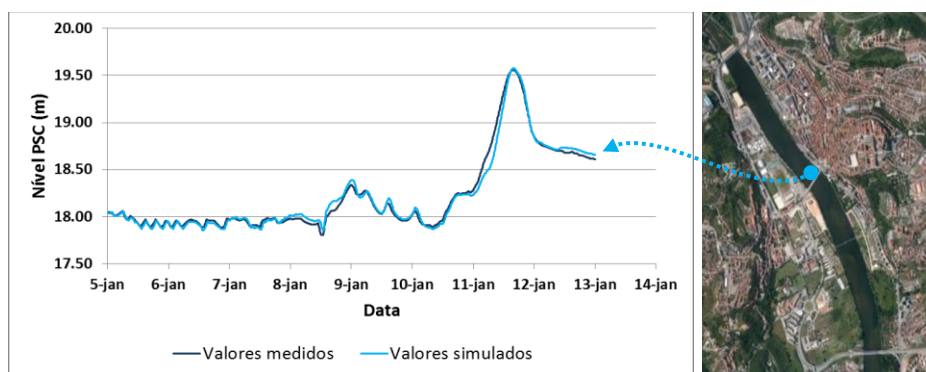


Figura 3. Níveis observados e simulados na PSC durante o evento de cheia de Janeiro de 2016.

Previamente à análise detalhada das condições operacionais em que ocorreram as inundações, procurou-se avaliar o impacto que diferentes fatores inerentes a este sistema fluvial complexo apresentam, em termos de níveis atingidos na estação hidrométrica da PSC (localizada imediatamente a jusante da ponte). Foram considerados os seguintes fatores com influência nas condições de inundabilidade em Coimbra: (1) descargas nas BR-BA, (2) descargas na BF, (3) contributo da sub-bacia do rio Ceira, (4) contributo da sub-bacia intermédia, (5) operação do APC, (6) condições de vazão em “regime livre” do APC e (7) alterações batimétricas nas condições de escoamento a montante do APC. Na Tabela 2 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos na análise realizada aos principais fatores de inundabilidade.

Tabela 2. Síntese dos impactos dos diferentes fatores de inundabilidade nos níveis na PSC (jusante) durante o evento de cheia de janeiro de 2016

Fator de inundabilidade	Impacto na PSC (m)
1- Ausência de descargas nas BR-BA	-1,36
2- Ausência de descargas na BF	-0,10
3- Ausência de contributo da sub-bacia do rio Ceira	-0,36
4- Ausência de contributo da sub-bacia intermédia	-0,12
5- Operação do APC – uma comporta fechada	+0,20
6- Condições de vazão em “regime livre” no APC	±0,10 a 0,20
7- Alterações batimétricas – variação 2001 a 2008	+0,50

5.2 Simulação de alternativa operacional durante o evento de cheia

Com o objetivo de avaliar as consequências em termos de níveis máximos em Coimbra foram simuladas diferentes alternativas operacionais do sistema Aguieira-Raiva-Fronhas, distintos do adotado no evento de cheia. Numa das situações avaliadas o valor máximo da descarga é mantido constante logo após ser atingido o valor igual a $670 \text{ m}^3/\text{s}$ (turbinação mais descarga). Em alternativa de se partir da situação do nível de albufeira realmente registado (120,12 m), se se tivesse partido da situação em que o nível da albufeira se situava nos 117,00 m, conforme preconizado pelas regras operativas em vigor (EDP, 2007), e limitando o caudal efluente ao valor de $670 \text{ m}^3/\text{s}$ teríamos a situação representada na Fig. 4.

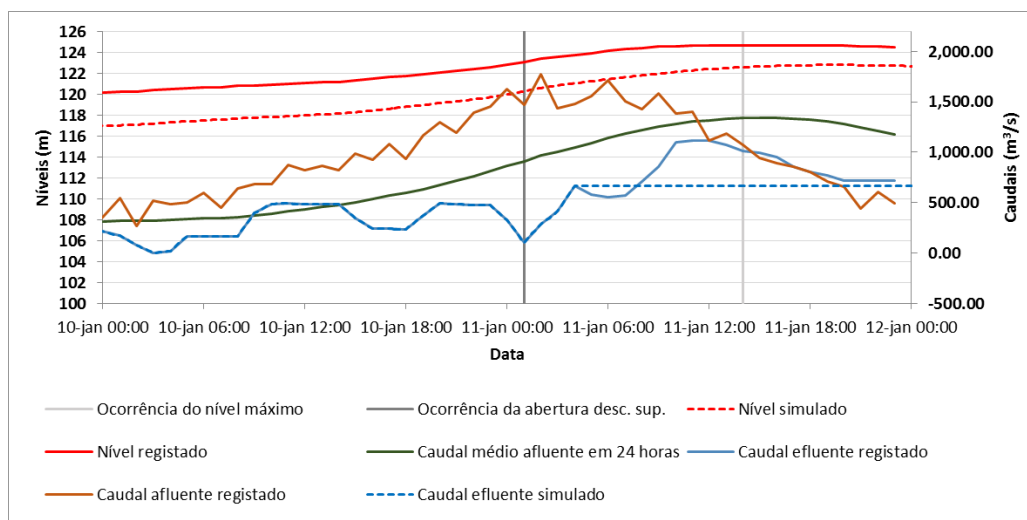


Figura 4. Esquema de operação da barragem da Aguieira partindo da cota 117,00 m, limitando o caudal efluente a $670 \text{ m}^3/\text{s}$.

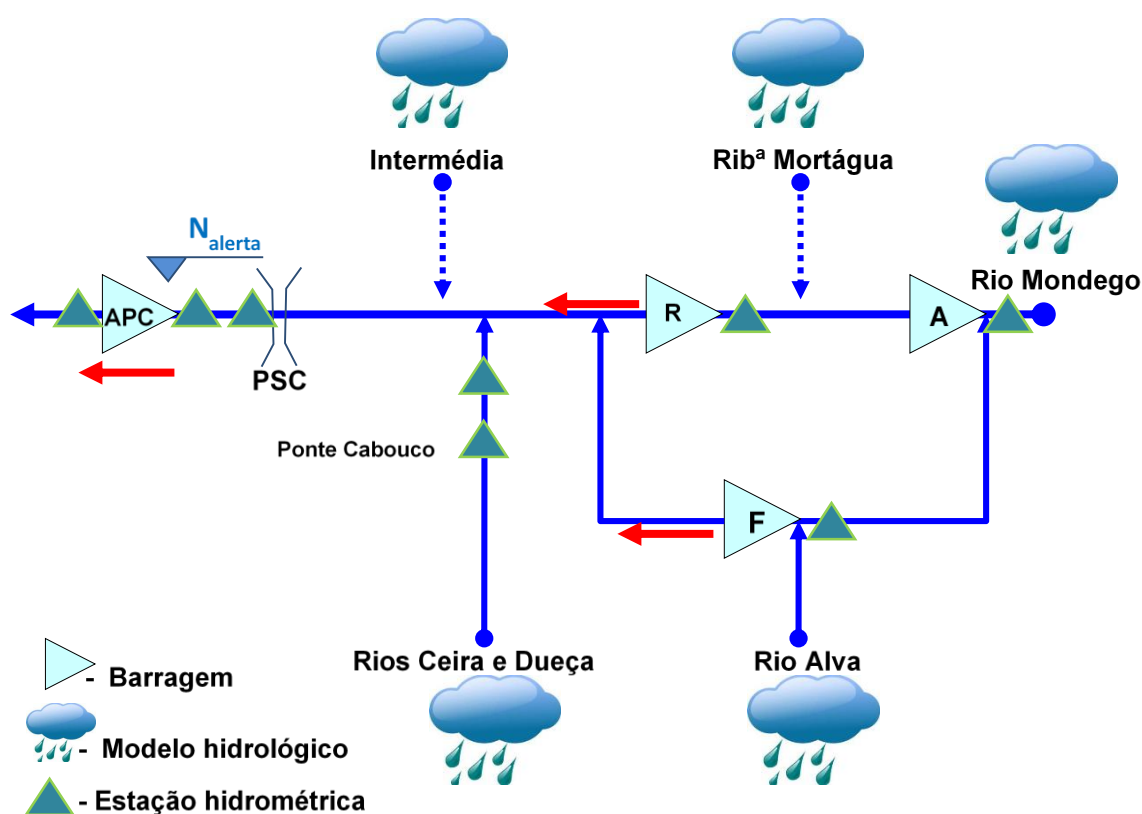
Caso se tivesse adotado este esquema de operação partindo da cota de 117,00 m, em vez de se ter atingido a cota máxima de 124,66 m na BA ter-se-ia verificado a cota máxima de 122,78 m sendo e ao invés de se obter a cota de 19,56 m na PSC (jusante), ter-se-ia verificado o valor de 18,94 m. Neste cenário, o caudal afluente ao APC seria de $1090 \text{ m}^3/\text{s}$, atingindo-se a cota de 17,59 m a montante desta estrutura.

5.3 Sistema de previsão e alerta

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA), como entidade responsável pela gestão dos recursos hídricos, tem um papel ativo na vigilância e alerta de cheias o qual assenta no sistema de vigilância e alerta de recursos hídricos (SVARH). A previsão hidrológica do SVARH baseia-se nos resultados obtidos da aplicação do modelo HEC-HMS, cujos pontos de controlo se situam nas barragens da Aguieira e Fronhas e nos açudes da Raiva e de Coimbra e cujos dados de entrada são previsões de precipitação, em incrementos de 3 horas, do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

Durante um episódio de cheias, as previsões hidrológicas para a bacia do Mondego são apoiadas nos valores de precipitação previstos para as 24 horas seguintes para os postos

Os sistemas de aviso e alerta deverão ser desenvolvidos para passarem a incluir a previsão (Pinho et al., 2017) e, desta forma, passarem a constituir sistemas de previsão, aviso e alerta. No caso da bacia do rio Mondego o sistema deverá incluir modelação das principais sub-bacias, conforme identificação apresentada no esquema conceptual da Fig. 5.



Para a sua implementação poderão ser usadas plataformas tecnológicas adequadas. Uma das plataformas mais amplamente aplicada na atualidade é a plataforma Delft-FEWS (ex. Fielding et al. 2010, Werner et al. 2012, Schwanenberg et al. 2013) que é composta por um conjunto de módulos que podem ser utilizados sequencialmente com o objetivo de construir



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

sistemas operacionais de gestão de recursos hídricos. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de possibilitar a manipulação e a ligação de uma grande variedade de fontes de dados hidrometeorológicos, tanto previstos como monitorizados, assim como permitir a integração de modelos hidrológicos, hidrodinâmicos e de qualidade da água. A natureza modular e altamente configurável do Delft-FEWS permite criar um ambiente autónomo ou num ambiente de cliente-servidor totalmente automatizado. Permite a criação de sistemas de previsão simples ou sistemas complexos, utilizando uma ampla gama de técnicas de modelação.

6. CONCLUSÕES

Concluiu-se que para o evento de inundação de janeiro de 2016 as descargas realizadas nas barragens de montante foram determinantes para os níveis de água verificados na cidade de Coimbra. No período que antecedeu o evento de inundação, os níveis na albufeira da Aguieira não foram baixados para a cota 117,0 m como recomendado pelas regras operacionais estabelecidas.

Num sistema fluvial artificializado como o da bacia do rio Mondego as regras operativas deverão ser claras e preferencialmente objeto de acompanhamento através de plataformas tecnológicas que facilitem e integrem informação relevante e que sejam partilhadas por todos os intervenientes no processo de decisão. Deverão incluir ferramentas de comunicação com geração automática de alertas.

Os sistemas de aviso e alerta permitem incluir a previsão e, desta forma, passarem a constituir sistemas de previsão, aviso e alerta. A modelação hidrológica deverá considerar fontes diversificadas de previsões de precipitação e ser implementada com técnicas que permitam uma eficiente assimilação de dados monitorizados. Os modelos hidrodinâmicos deverão ser integrados com a modelação hidrológica, de modo a permitir a previsão dos níveis em locais mais vulneráveis. Os modelos deverão permitir considerar a simulação das regras de operação dos aproveitamentos hidráulicos através de metodologias baseadas em técnicas de controlo em tempo real.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Deltares (2016) <https://www.deltares.nl/en/software/sobek/> Acedido em Maio de 2016



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

DGRAH, Direcção Geral de Recursos e Aproveitamentos Hídricos (1987) Aproveitamento hidráulico do vale do Mondego. Relatório Técnico, Lisboa.

EDP (2007) Sistema Aguieira-Raiva-Fronhas. Revisão das normas de exploração das albufeiras e dos órgãos de segurança. Estudos de Base. Doc. EDP 2171-P1358/07.

Fielding, M.; Schwanenberg, D.; Twigt, D.J.; Eikaas, H.S.; Pinho, J.L.S.; Vieira, J.M.P. (2010) DSS for Water Quality Management of Marina Reservoir System in Singapore. Proceedings of 9th International Conference on Hydroinformatics. Tianjin, China. September 2010.

Hidroprojecto (1978) Regularização do Baixo Mondego. Açude-Ponte de Coimbra. Projecto base. Volume 3. Estudos hidráulicos. MESA-DGSH-DSAH.

Pinho, J.L.S.; Ferreira, J.; Venâncio, S.; Pereira, A.; Nogueira, F.; Vieira, J.M.P. (2017) Sistemas de Previsão e Alerta de Cheias e Inundações: Informação de Base e Tecnologias de Implementação. Atas do 7.º Seminário APRH-Núcleo Regional Norte, V.N.Gaia.

Santos, F.J.S., Marques, J.A.S., Mendes, P.A. (2002) Estudo Hidráulico e Hidrológico do Rio Mondego na Zona de Intervenção do Programa Polis em Coimbra Relatório Final.

Schwanenberg, D.; Talsma, J.; Pinho, J.L.S.; Reis, A.; Bessa, M.; Kuwajima, J. (2013) Short-term Reservoir Optimization for Mitigation Downstream Flood. Proceedings of 8th International Conference of EWRA "Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context", Porto, Portugal, 26 - 29 June, 2013.

SNIRH (2016) Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. <http://www.snirh.pt> Acedido em Maio de 2016.

Werner, M.; Schellekens, J.; Gijsbers, P.; Dijk, M. Van; Akker, O. Van Den; Heynert, K. (2012). The Delft-FEWS flow forecasting system. Environmental Modelling & Software, pgs. 1-13.