

Recursos Hídricos

Volume 38, Nº 1 | Março 2017



**ASSOCIAÇÃO
PORTUGUESA DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

Proprietário

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

Diretor

António Gonçalves Henriques

Diretores Associados

Ana Katila Ribeiro

Fernanda Santiago

Maria Manuela Portela

Conselho Editorial

António Betâmio de Almeida

António Guerreiro de Brito

António Pinheiro

António Trigo Teixeira

Catarina Roseta Palma

Fernando Veloso Gomes

Francisco Ferreira

Francisco Nunes Correia

Jaime Melo Baptista

João Pedroso de Lima

Jorge Matos

José Matos

Luís Ribeiro

Manuel Rijo

Maria da Conceição Cunha

Paulo Canelas de Castro

Rafaela Matos

Rodrigo Maia

Rodrigo Oliveira

Rui Santos

Teresa Ferreira

Secretariado

Ana Estêvão

André Cardoso

Conceição Martins

Redação e Administração

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

a/c LNEC

Av. do Brasil, 101

1700-066 Lisboa

PORTUGAL

Telefone 21 844 34 28 Fax 21 844 30 17

NIF nº 501063706

Design

Ana Rosária Gonçalves

Periodicidade

Quadrimestral

EDIÇÃO PONTUAL

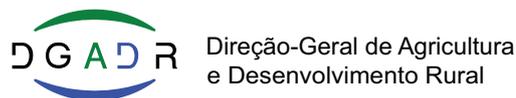
Os artigos publicados na Recursos Hídricos são identificados com DOI (Digital Object Identifier).

Registo na ERC nº 125584

Depósito legal nº 5838/84

ISSN 0870-1741

Apoiantes



INDÍCE

EDITORIAL	5
ENTREVISTA	7
EM DESTAQUE	15
<i>Almaraz – Um futuro de riscos acrescidos</i>	
Francisco Ferreira	17
<i>Rede de Vigilância em Contínuo da Radioatividade do Ambiente (RADNET)</i>	
João Oliveira Martins, et al.	23
<i>Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030</i>	
José Silva Ferreira	27
<i>Redes de Monitorização Hidrometeorológicas</i>	
Manuela Saramago.....	33
<i>Estratégia Nacional de Educação Ambiental no âmbito dos Recursos Hídricos</i>	
António Gonçalves Henriques.....	41
CT&I (CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO)	43
<i>Previsão de precipitações extremas em regiões com escassez de dados hidrometeorológicos terrestres, com base em informação de satélite. Aplicação ao caso de Angola</i>	
Eduardo Sousa Costa	45
<i>Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural: uma solução indutora de boas práticas de Gestão de Ativos nos modelos de financiamento de Infraestruturas dos Serviços de Águas</i>	
Alexandra Serra, et al.	63
<i>Comparação entre modelos simplificados e o modelo HEC-RAS no estudo de áreas de inundação para o caso de Minas Gerais, Brasil</i>	
Carlos Eugénio Pereira, et al.	75
DIVULGAÇÃO	91
<i>Fausto Gonçalves Henriques 1922-2003</i>	
Rui Gonçalves Henriques, Nuno Gonçalves Henriques	93
NOTÍCIAS	115
AGENDA	121
ACQUAJURIS	125
APOIANTES	129

Neste número da Recursos Hídricos apresentamos um conjunto variado de contribuições que julgamos corresponderem ao interesse da generalidade dos associados. Abrimos com a entrevista que nos foi concedida pelo Senhor Secretário de Estado do Ambiente, em que são abordadas diversas questões actuais da política de recursos hídricos, destacando-se:

1. a organização da gestão dos recursos hídricos,
2. a monitorização, nomeadamente a recuperação das redes hidrometeorológica e de qualidade da água,
3. o reforço do regime económico e financeiro e a criação do Fundo Ambiental, integrando o Fundo de Protecção dos Recursos Hídricos,
4. os investimentos no domínio dos recursos hídricos realizados no quadro da Estratégia Portugal 2020,
5. o ponto de situação sobre a publicação de regulamentos técnicos, designadamente do regulamento de segurança de barragens, e do normativo sobre a reutilização de águas residuais tratadas,
6. as relações com Espanha, no quadro da Convenção de Albufeira,
7. as medidas associadas à Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2014-2020 para mitigar os efeitos das cheias e das secas,
8. as questões associadas à qualidade da água, e
9. as energias renováveis,

concluindo que os recursos hídricos continuarão a estar no centro das preocupações do Governo. Na secção divulgação apresentamos cinco artigos sobre questões relevantes da actualidade:

1. Os impactes para Portugal das decisões sobre o futuro da central nuclear de Almaraz em Espanha, localizada junto da

fronteira com Portugal, desencadeadas pelo projecto de construção de uma instalação de armazenamento de resíduos nucleares anexa à Central, na visão de Francisco Ferreira.

2. A Rede de Vigilância em Contínuo da Radioatividade do Ambiente (RADNET) em Portugal, que permite desencadear os mecanismos de emergência através da Autoridade Nacional de Protecção Civil no caso de ocorrer um acidente radiológico com contaminação do território nacional, da autoria dos especialistas da Agência Portuguesa do Ambiente.
3. O Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030, e a programação das obras a realizar para resolver os problemas das inundações crónicas das zonas baixas da cidade, pelo responsável da equipa do Plano, da Câmara Municipal de Lisboa.
4. A recuperação das Redes de Monitorização Hidrometeorológica, que estiveram praticamente inoperacionais por falta de manutenção, entre 2010 e 2014, o que constituiu uma séria preocupação de todos os profissionais ligados aos recursos hídricos, pela responsável da Agência Portuguesa do Ambiente.
5. Uma contribuição no domínio dos recursos hídricos para a Estratégia Nacional de Educação Ambiental, ENEA 2020, lançada pelo Governo em Dezembro de 2016.

Na secção dedicada a artigos científicos e de tecnologia e inovação apresentamos três contributos particularmente significativos:

1. A previsão de precipitações extremas com base em informação de satélite, particularmente útil para regiões com escassez de dados hidrometeorológicos terrestres, apresentando-se a aplicação ao caso de Angola, da autoria de Eduardo Sousa Costa.

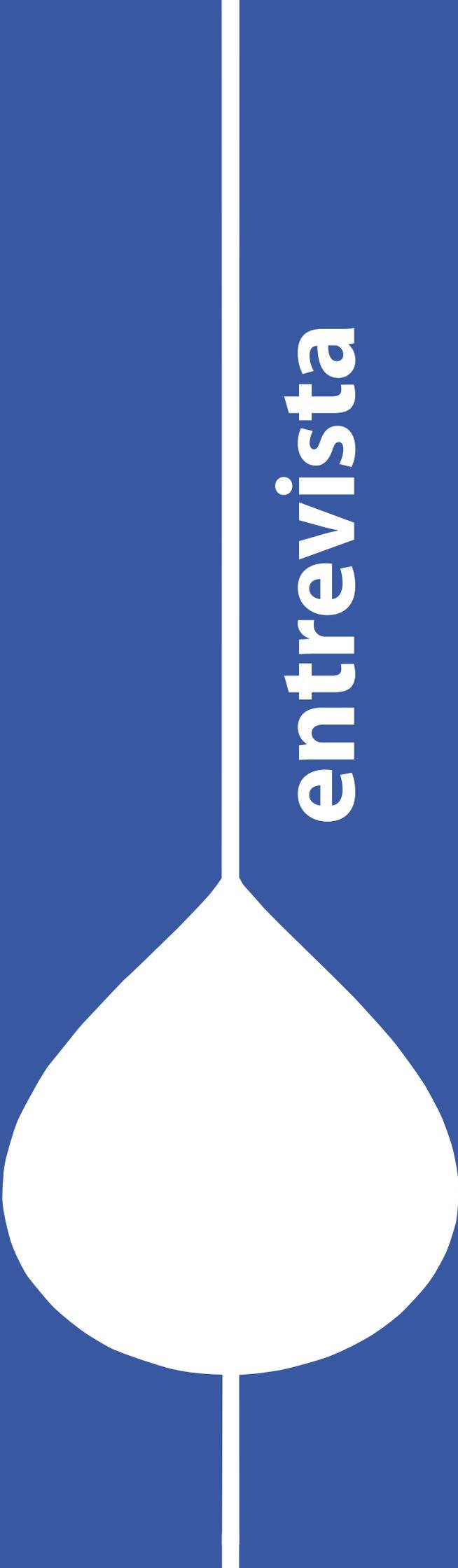
2. A apresentação de uma metodologia inovadora a incorporar nos instrumentos de financiamento para incentivar as entidades gestoras dos serviços de águas a adoptar boas práticas de gestão patrimonial de infraestruturas, baseada numa matriz de indicadores, que foi designada por *Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural (SSI)*, por Alexandra Serra, Francisco Nunes Correia e João Simão Pires.
3. A comparação entre modelos simplificados e um modelo de simulação dinâmico, o modelo HEC-RAS, no estudo de áreas de inundação por cheias induzidas pela rotura de barragens, com aplicação ao caso de Minas Gerais no Brasil, realizada por Carlos Eugénio Pereira, Maria Teresa Viseu e outros.

Na senda da divulgação de vultos portugueses em hidráulica e recursos hídricos, apresentamos neste número o percurso profissional do Engenheiro Fausto Gonçalves Henriques (1922–2003), que se destacou pelo papel determinante que desempenhou no desenvolvimento dos estudos e na execução do Plano de Aproveitamento Hidroeléctrico da Bacia Hidrográfica do Rio Douro, chefiando o Serviço de Estudos de Engenharia da Hidroeléctrica do Douro (uma das empresas que antecederam a actual EDP), desde os 32 anos de idade. O Plano foi desenvolvido e aplicado no quadro da realização do desígnio de modernização do país, iniciada em meados da década de 1940, fundada na industrialização e na electrificação, baseada no aproveitamento dos recursos hidroeléctricos nacionais de forma integrada e sistemática. Mas o percurso profissional do Engenheiro Fausto Gonçalves Henriques não se limitou ao estudo e desenvolvimento dos grandes aproveitamentos hidroeléctricos da bacia hidrográfica do Rio Douro, destacando-se a defesa pertinaz da navegabilidade do Douro, sustentada em aprofundados estudos técnicos; a responsabilidade pelas obras do aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Lis, o maior projecto até então realizado em Portugal de regularização fluvial, defesa dos campos marginais contra as cheias, fixação e melhoramento da foz do rio, drenagem e

enxugo dos campos, rega sistemática dos solos com potencialidades hidroagrícolas e restabelecimento de comunicações; e a responsabilidade pela concepção e implementação da solução de reparação do Molhe Oeste do Porto de Sines, com os Engenheiros Fernando Abecasis e Vera Cruz, na sequência do acidente ocorrido em Fevereiro de 1979 que inviabilizou o abastecimento por via marítima da Refinaria de Sines. Destaca-se ainda o desempenho de funções no Governo Provincial de Moçambique entre 1970 e 1971, nas Obras Públicas, colaborando com o Engenheiro Arantes e Oliveira, então Governador-Geral.

Neste contexto permitam-me um testemunho pessoal: mantive sempre, desde os tempos mais recuados de que tenho consciência, uma relação de genuína admiração e respeito profissional pelo meu Tio Fausto, certamente pelo entusiasmo com que falava do seu trabalho, nas frequentes ocasiões de convívio familiar. Destaco, em particular, a visita que realizei às obras da Barragem de Picote, com apenas 6 anos de idade, em que acompanhei orgulhosamente o meu Tio. A grandiosidade das obras e a ousadia das soluções de engenharia foram de tal forma impressionantes que mantenho vivas na memória as imagens dessa visita. Posso por isso afirmar, sem qualquer hesitação, que a dedicação da minha actividade profissional à Engenharia Civil, no domínio da hidráulica e dos recursos hídricos, com plena satisfação pessoal, foi certamente determinada pelo testemunho desses momentos de convívio inolvidáveis. Seguem-se as secções com notícias, agenda e legislação, onde certamente os leitores encontrarão informação interessante.

António Gonçalves Henriques



entrevista



Entrevista ao Secretário de Estado do Ambiente, Carlos Martins

APRH: Os Recursos Hídricos e a Água estão na base de vários problemas e em relação aos quais se colocam vários desafios a longo, médio e curto prazo. Na sua perspectiva e do atual governo quais considera serem os mais significativos? Quais as estratégias que estão a ser equacionadas para os atingir e que metas se pretendem atingir?

Secretário de Estado do Ambiente, SEA: *Em termos nacionais os principais problemas e desafios na área dos recursos hídricos estão relacionados com a qualidade das massas de água, muitas vezes decorrente de descargas ilegais de águas residuais industriais ou de problemas*

de poluição difusa, a questão quantitativa decorrente de fatores climáticos e de episódios extremos de precipitação e seca, ausência de sistemática limpeza de margens dos rios e ribeiras. Em termos institucionais podemos referir que a perda de autonomia das ARH desarticulou um modelo global de gestão dos recursos hídricos, centrado nas bacias hidrográficas e em todos os principais atores e utilizadores do recurso.

As metas estão definidas na Diretiva Quadro da Água e em termos nacionais estão plasmadas nos instrumentos de planeamento, com particular destaque para o Plano Nacional da Água.

APRH: Qual o papel que os Recursos Hídricos nacionais desempenham numa estratégia de desenvolvimento económico e de coesão social e territorial? O governo pretende tornar efetivas as Associações de Utilizadores?

SEA: *As reflexões em torno de estratégias de desenvolvimento e coesão social e territorial terão de ter em linha de conta os Recursos Hídricos, pois estamos perante um recurso essencial à vida, mas que suporta toda a cadeia de atividades humanas, a agricultura, a agroindústria, atividades económicas em geral.*

O papel das associações de utilizadores, mas de uma forma geral, o envolvimento de decisores regionais e locais no âmbito das bacias será central para um adequado equilíbrio de interesses e para uma visão integrada dos valores ambientais e sociais a promover.

ORGANIZAÇÃO

APRH: A Lei da Água, Lei nº 58/2005, constituiu um progresso muito relevante na gestão dos recursos hídricos, nomeadamente na organização institucional desconcentrada, consubstanciada pelas Administrações de Região Hidrográfica e pelos Conselhos de Região Hidrográfica. Os modelos de governança, onde se inclui a atribuição de responsabilidades e competências, quer ao nível do governo central, quer de organismos regionais (ARH),

têm variado ao longo das últimas décadas. As alterações recentes melhoraram a eficácia em termos de gestão? Qual é efectivamente o modelo que é defendido pela actual governação?

SEA: Poderemos considerar que se conheceu um forte avanço conceptual ao valorizar a gestão dos recursos hídricos por bacia hidrográfica e também quando se imprimiu um modelo de gestão através das Administrações de Região Hidrográfica, assegurando autonomia administrativa e financeira e criando condições para envolvimento de atores através dos Conselhos de Região Hidrográfica.

A integração das ARH na Agência Portuguesa do Ambiente, prejudicou alguns dos objetivos dessa arquitetura institucional. Trata-se de matéria que poderá vir a merecer uma abordagem articulada com alterações de competências no modelo de gestão territorial.

O modelo a adoptar deverá resultar de uma reflexão serena que avalie as vantagens e constrangimentos dos anteriores modelos, sendo nossa convicção que, face à situação actual, uma maior autonomia das ARH e uma reforçada articulação institucional com órgãos regionais, nomeadamente as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regionais e autarquias locais poderá conduzir a melhores resultados.

MONITORIZAÇÃO

APRH: Um aspecto considerado crítico por vários sectores da comunidade técnica e científica é a monitorização dos recursos hídricos (questões relacionadas com a informação disponibilizada no SNIRH ou em relação à zona costeira, por exemplo). O que se pretende fazer para melhorar os aspectos menos positivos que são actualmente referidos?

SEA: Trata-se de matéria que assume contornos críticos, pois a informação de base, a relevância de históricos de informação, são instrumentos essenciais a uma gestão dos recursos hídricos. Portugal teve, em determinado período um sistema de informação na rede hidrográfica relativamente consistente, mas mercê de ausência de manutenção e conservação evidenciava em anos recentes uma situação que poderemos considerar longe do que se considera aceitável, matéria que foi evidenciada na elaboração do

Plano Nacional da Água e dos Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas.

Podemos nessa matéria manifestar satisfação com investimentos recentemente concluídos, que permitem voltar a dispor de sistemas de monitorização quantitativa e qualitativa das massas de água.

Espera o Governo promover investimentos de monitorização na orla costeira, por forma a assegurar, também nessa dimensão, um adequado nível de informação.

FUNDO AMBIENTAL / REGIME ECONÓMICO-FINANCIÁRIO / PROGRAMAS

APRH: O Decreto-Lei n.º 42-A/2016 criou o Fundo Ambiental e extinguiu outros fundos. Sabendo-se que o anterior Fundo de Protecção dos Recursos Hídricos apresentava alguns problemas de atribuição, gestão, acompanhamento e execução, como se pretende assegurar que as verbas deste fundo ambiental único e provenientes da taxa de recursos hídricos sejam aplicadas em prol destes?

SEA: A transparência de aplicação da taxa de Recursos Hídricos foi motivo de alguma controvérsia e vamos procurar criar uma sistemática informação sobre a forma como será aplicada.

Estamos numa fase de sistematização de procedimentos, que facilite a integração de dados da Agência Portuguesa do Ambiente, a partir das ARH, que integre de forma clara as alterações introduzidas na TRH e que nos facilite procedimentos de cobrança e controlo de todos os utilizadores.

Em 2018 existirão condições para tornar essa afetação mais clara, nomeadamente por tipologias de intervenção e também por território gerido por ARH.

APRH: O actual projeto de diploma que altera o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho, que estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos, propõe a criação de uma nova componente da Taxa de Recursos Hídricos (TRH): a componente S-sustentabilidade dos serviços urbanos de águas. Esta nova receita será consignada ao Fundo Ambiental, que por sua vez transferirá os montantes necessários

para os sistemas deficitários. Porquê criar esta nova componente associada à TRH e não incluí-la unicamente no tarifário dos serviços urbanos de águas? Sendo essa componente S um mecanismo de compensação dirigido aos territórios de baixa densidade ou a serviços não sustentáveis, não deveria estar incluído numa estratégia nacional mais ampla de melhoria da gestão desses serviços?

SEA: *A solução encontrada procura estabelecer um mecanismo universal, que penalizará usos menos eficientes dos recursos, nomeadamente sistemas que apresentem maiores perdas nos seus sistemas, na mesma linha penaliza níveis de tratamento de águas residuais menos exigentes em matéria ambiental, nessa medida está alinhada com preocupações de estratégia nacional.*

Por outro lado, em termos de captação dos respetivos valores, aproveita mecanismos que tem uma prática anterior que nos parece consolidada entre os principais intervenientes.

APRH: O Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos dispõe de uma dotação significativa para investimentos no setor da água e dos recursos hídricos, para proteção do Litoral e para adaptação às alterações climáticas e prevenção de riscos. Em 2017 concluiremos a primeira metade do período em que decorre este e outros programas criados para a operacionalização da Estratégia Portugal 2020 (2014-2020). Que balanço faz acerca da evolução e taxa de execução do PO SEUR no setor da água durante este período e que expectativas tem relativamente à taxa de execução e sucesso do programa até 2020?

SEA: *O Governo encontrou uma situação muito emperrada na implementação do POSEUR, por outro lado condicionada por opções negociadas com a União Europeia, que só poderão encontrar alterações numa futura reprogramação e nessa medida optou por dinamizar a utilização dos recursos disponíveis, num quadro de prioridades e alinhamento de políticas setoriais.*

A situação atual evidencia, ainda, uma taxa de execução relativamente aquém do desejável, mas o elevado número de candidaturas já aprovadas e os respetivos montantes, permitem antecipar

uma tendência para um crescimento significativo da taxa de execução em 2017, mesmo tendo em conta que em muitos casos a maturidade dos projetos das candidaturas era reduzido, como acontece nas fases iniciais dos quadros de financiamento.

No que respeita ao ciclo urbano da água, estamos muito empenhados em promover novos avisos e encontramos nas entidades beneficiárias, geralmente entidades gestoras, parceiros muito empenhados na execução física e financeira.

REGULAMENTOS / PLANOS

APRH: Para quando está prevista a publicação do novo regulamento tarifário dos serviços urbanos de águas e do novo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (componente pública)?

SEA: *Estamos perante documentos com fortes implicações para o setor e que não podem deixar de merecer ponderação, em particular o Regulamento Tarifário.*

Os regulamentos de natureza mais técnica, serão nesta fase documentos que integram novas realidades tecnológicas, reflectem de uma visão mais integrada, dando importância a soluções que ponderem a realidade territorial e organizacional.

Em 2017 serão promovidas as consultas públicas, recolha de contributos pluridisciplinares, podendo ocorrer a sua aprovação ao longo deste ano.

APRH: A segurança de barragens aguarda há anos pela publicação de alterações ao regulamento, que permitam um melhor enquadramento das barragens e a aplicação de um conjunto de normas adequadas. Para quando? O que vai mudar?

SEA: *Está seguramente para breve a publicação das alterações ao regulamento de segurança de barragens.*

APRH: Qual é/vai ser a posição oficial de Portugal face às intenções da CE de produzir um normativo sobre a reutilização de águas residuais tratadas, de modo a ser exequível em termos dos seus parâmetros analíticos?

SEA: *A publicação europeia em matéria ambiental coloca sempre uma maior pressão para a sua aplicação e desse ponto de vista pode reforçar algumas dinâmicas nacionais.*

Refiro no entanto que, em Portugal, existe um quadro de recomendações e exemplos de boas práticas que nessa matéria permitem fazer muito mais reutilização das águas residuais tratadas.

Vai ser dado um apoio financeiro a entidades gestoras que promovam soluções de uso das águas residuais tratadas e esperamos dessa forma fazer caminho no uso eficiente da água.

ESPAÑA

APRH: Ainda que esteja a ser cumprido o estabelecido na Convenção de Albufeira, a irregularidade dos caudais – nomeadamente no rio Tejo – traz graves consequências ao nível económico e em termos de erosão, de intrusão salina, etc. Como tenciona o governo atuar relativamente a esta questão? Quais são os principais desígnios a defender, na articulação entre Portugal e Espanha, no que se refere aos recursos hídricos?

SEA: *Tratando-se de matéria complexa haverá várias dimensões a ter em conta, por um lado as questões associadas a alterações climáticas deverão merecer crescente atenção, pois os resultados exigem políticas integradas e a mobilização de múltiplos atores, no que respeita a aspetos quantitativos e qualitativos associados à gestão de bacias internacionais teremos de assegurar estudos que acautelem posições sustentadas de relacionamento institucional com Espanha, mas teremos de fazer internamente um esforço de gerir melhor os recursos, onde a temática dos caudais ecológicos ganhará pertinência.*

Na dimensão técnica e política serão promovidas as regulares articulações, a circunstância de Espanha ter vivido um ano de 2016 numa solução governativa limitada não criou condições para grandes iniciativas, mas serão de esperar algumas iniciativas em 2017.

EVENTOS EXTREMOS / ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

APRH: O território nacional é ciclicamente sujeito a períodos de seca e, também, a inundações. Em relação a estas últimas foram

recentemente aprovados os PGRI mas, quanto a futuras secas, que ações preventivas pretende o governo implementar em Portugal? E que medidas de contingência podem ser tomadas?

SEA: *Portugal viveu em 2005 um ano de seca, com contornos complexos, tendo promovido um conjunto de medidas e iniciativas, através de um grupo de trabalho constituído para o efeito, que poderão e deverão ser revisitadas em situações similares, pois criaram as condições de compatibilizar os vários interesses em presença e evidenciar em uma articulação entre estruturas públicas e privadas, entre o nível local, regional e nacional, entre estruturas da administração pública dos principais ministérios envolvidos.*

Existem, portanto, mecanismos que sinalizam medidas a tomar, que permitem antever capacidade prospetiva de mobilizar meios e orientar iniciativas para lidar com riscos associados a secas.

APRH: Num país em que predomina o clima mediterrâneo, prevê-se que as alterações climáticas tenham forte impacto quer nos usos e necessidades, quer na disponibilidade de recursos hídricos. Quais as medidas que, neste âmbito, não podem ser esquecidas na Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2014-2020?

SEA: *As medidas associadas à Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2014-2020, complementam-se e o sucesso será tanto maior, quanto maior a capacidade para prosseguir em todas as suas dimensões.*

A política de energia e a política de transportes, poderão ter uma dimensão mais relevante, mas gostaria de sinalizar que Portugal tem assumido uma tendência muito positiva face aos objetivos traçados, mas também face ao seu posicionamento no contexto internacional.

APRH: Futuramente, as alterações climáticas podem ter também um impacto na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o que pode ser um motivo extra de preocupação. Como pretende o governo abordar esta questão, sendo que ainda existem muitas massas de água cuja qualidade tem que ser melhorada?

SEA: A qualidade das águas em Portugal, tendo por referência a Diretiva Quadro da Água evidencia uma situação muito próxima da média europeia, mas temos um caminho importante a percorrer, de alguma forma a cobertura de serviços de coleta e tratamento de águas residuais urbanas melhorou significativamente, mas temos setores onde estamos confrontados com a necessidade de melhorar, as águas residuais industriais, os setores da agroindústria, a poluição difusa.

A melhoria da rede de monitorização foi um passo para reforçar critérios de prioridade de intervenção.

Vários municípios estão a promover Planos Municipais para as Adaptações às Alterações Climáticas, muitas entidades gestoras de serviços públicos de água dispõe de estudos sobre a matéria e assistimos a um crescente envolvimento da comunidade técnica e científica para o assunto.

Existem muitas iniciativas em curso, que estão alinhadas com essas preocupações e mesmo que não especificamente orientadas, acabam por determinar efeitos positivos para ultrapassar essas preocupações.

ENERGIAS RENOVÁVEIS

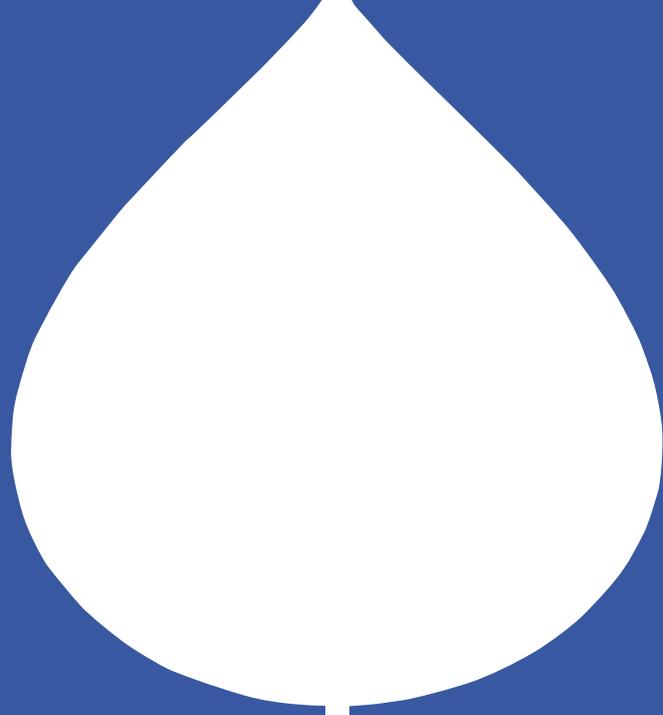
APRH: Qual é a aposta principal deste governo em relação às energias renováveis: reforço da energia hidroelétrica, das mini-hídricas, do vento offshore, da energia do mar? Que desafios se colocam nesta área?

SEA: A política de energia é conduzida pelo Ministério da Economia, em qualquer caso as políticas estão alinhadas com o reforço das energias renováveis e desse ponto de vista várias iniciativas do Ambiente visam reforço da energia solar, nomeadamente nas políticas orientadas para a habitação, nos transportes um conjunto de iniciativas para maior atratividade e uso dos sistemas públicos de transportes, incentivos para uso de veículos elétricos.

FINAL

APRH: A proteção e defesa dos Recursos Hídricos continuarão a ser uma preocupação deste governo?

SEA: Os recursos hídricos, a água em geral, constituem um tema central das políticas ambientais e por isso com a maior naturalidade se pode concluir que continuará a estar no centro das preocupações deste governo.



em destaque

Almaraz – Um futuro de riscos acrescidos

Francisco Ferreira

Professor na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Presidente da ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável

1. INTRODUÇÃO

A central nuclear de Almaraz, situada a 100 km da fronteira com Portugal na Comunidade Autónoma da Extremadura, a noroeste da província de Cáceres, junto ao Rio Tejo, tem dois reatores, tendo o primeiro começado a funcionar em 1981 (Almaraz I, com uma potência de 973,5 MW e o segundo em 1983 (Almaraz II, com uma potência de 982,6 MW). Fornecem cerca de 9 a 10% da eletricidade consumida em Espanha. Os reatores em causa são do tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*).

No final de setembro de 2016, o Conselho de Segurança Nuclear (CSN) espanhol deu um parecer favorável para a construção de um Armazenamento Temporário Individual (ATI) para a central nuclear de Almaraz (Cáceres) a que se seguiu a emissão de Declaração de Impacte Ambiental pelo Ministério do Ambiente de Espanha, o que abriu a porta para estender a vida da central acima dos 40 anos. O referido armazém permitirá à central depositar resíduos de elevado nível radioativo gerados pela central a partir de 2018. Este armazenamento será composto por um muro de proteção e uma laje sísmica onde se depositarão até 20 contentores com o combustível nuclear utilizado.

Este depósito de resíduos nucleares se destina a prolongar a vida da central para além dos 40 anos, e não para a desmantelar (como será necessário e desejável). A licença de operação dos dois reatores de Almaraz expira a 8 de junho de 2020 e os seus 40 anos de operação atingem-se em 2021 e 2022, respetivamente.

Com base em dados oficiais do CSN, as piscinas das duas unidades de Almaraz permitem aos dois reatores funcionarem até janeiro 2022 a janeiro de 2023, sem construir um ATI. Tendo em conta os prazos, os responsáveis por Almaraz esperam ter disponível o armazenamento temporário em 2018, antes do termo da licença de operação, facilitando assim a realização da extensão dessa autorização.

Mesmo que o período de 40 anos de vida seja considerado, não faz sentido fazer o esforço e investimento que iria acompanhar uma hipotética renovação da autorização por mais um ano de operação no caso da Unidade I e de dois anos, no caso de Almaraz II. O processo de autorização e construção do ATI, essencial para o desmantelamento da central, poderia muito bem começar em junho de 2020. O ATI será necessário proceder à drenagem da piscina com combustível usado, o que levará mais de dois anos após a central deixar de estar em operação. Isto é, as atividades necessárias para preparar o desmantelamento e a preparação do próprio plano de desmantelamento irão levar pelo menos dois anos. Ou seja, os responsáveis por Almaraz têm tempo nessa altura para a construção do armazenamento temporário de resíduos.

Esta é estratégia da indústria nuclear espanhola, uma vez que o verdadeiro negócio das centrais nucleares para o setor elétrico é mantê-las operacionais o maior tempo possível apesar de um crescente risco. No mercado espanhol de eletricidade, o kWh nuclear é pago três vezes mais em relação ao que custa produzi-lo

quando a central já está amortizada. As duas unidades de Almaraz dão um lucro de um milhão de euros por dia, o que explica o esforço para manter a central aberta contra todas as probabilidades, mesmo com más condições de segurança. O lançamento de novas centrais não é desejado pelo setor nuclear, dado o elevado custo de construção que seria ruínoza sem subsídios públicos.

O processo que está agora a ser viabilizado constitui um forte risco e uma séria ameaça futura ao território português, a acrescentar à sequência de sucessivas denúncias e resultados graves de segurança identificados por inspeções recentes.

2. RAZÕES PARA O ENCERRAMENTO DA CENTRAL E NÃO AUTORIZAÇÃO DO ARMAZÉM TEMPORÁRIO DE RESÍDUOS NUCLEARES DE ELEVADA ATIVIDADE

A produção de eletricidade a partir de centrais nucleares é considerada pelas Nações Unidas, nomeadamente no quadro das medidas sobre alterações climáticas, como **insustentável** pelos riscos que acarreta, quer na fase de funcionamento, quer pelos resíduos radioativos que obrigam a soluções que são difíceis e dispendiosas, e ainda por ser uma fonte de energia não renovável.

Os danos associados a uma fuga radioativa, seja para a atmosfera, seja para as águas do Tejo, podem ser muito significativos, conforme acidentes catastróficos como os de Chernobyl e, mais recentemente, de Fukushima vieram demonstrar.

Ainda em 2016, Almaraz foi a central nuclear espanhola com maior número de notificações por incumprimentos de segurança. Trata-se de um risco que será agravado com uma maior idade da central nuclear.

O projeto inicial previa um tempo de vida útil da central de 30 anos. No entanto, o Governo Espanhol decidiu prolongar o seu prazo até 2020. Nestes últimos anos têm existido várias pressões para que se continue a prolongar o funcionamento da central, tendo responsáveis da mesma já assumido publicamente que haviam solicitado ao Governo Espanhol o prolongamento para 2030, o que deverá

ocorrer formalmente no decurso deste ano de 2017.

Espanha continua em parte dependente da energia nuclear, tendo nos últimos anos regredido na promoção de fontes renováveis. Como já referido anteriormente, existem também razões de carácter económico: por um lado, o investimento efetuado na central encontra-se já completamente amortizado, pelo que o funcionamento da central se traduz em lucros elevados para os seus operadores; por outro, os custos de encerramento de uma central nuclear são muito avultados e, aparentemente, nem os operadores nem o Governo Espanhol querem encarar essa despesa no curto prazo.

A decisão de construção de um armazém de resíduos nucleares junto a Almaraz constitui um indício muito relevante da intenção de se prolongar, uma vez mais, o funcionamento da central nuclear, acrescentando-se o risco de uma instalação para armazenamento temporário de resíduos nucleares que poderá perdurar durante muitas décadas face à incapacidade de Espanha avançar com um armazenamento centralizado e de um armazenamento geológico em profundidade como previsto. A não-aceitação da alternativa zero incluída no estudo de impacte ambiental, que consistia em terminar o funcionamento do reator I no final de 2018 e o reator II em 2020 aquando da licença, havendo armazenamento para o combustível utilizado em piscinas até essas datas, não foi a alternativa aceite. Mais ainda, há estudos do Conselho de Segurança Nuclear espanhol que mostram a que até 2020 as piscinas dos dois reatores conseguem armazenar o combustível utilizado, não havendo assim **justificação** para a urgência. Em suma, a verdadeira razão para a construção de uma instalação de armazenamento temporário de resíduos nucleares em Almaraz – a extensão do período da central – não é exposta nos estudos e na decisão tomada.

A legislação europeia obriga à consulta entre Estados-Membros para projetos de um país que possam afetar outros países como é o caso da construção de um armazenamento temporário de resíduos nucleares. A Diretiva 2011/92/UE, de 13 de dezembro de 2011, relativa à avaliação

dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente refere no nº 1 do seu Artigo 7º que “Sempre que um Estado-Membro tiver conhecimento de que um projeto pode vir a ter efeitos significativos no ambiente de outro Estado-Membro ou sempre que um Estado-Membro que possa vir a ser significativamente afetado o solicitar, o Estado-Membro em cujo território se prevê a realização do projeto deve enviar ao Estado-Membro afetado, o mais rapidamente possível e o mais tardar quando informar o seu próprio público”.

“O Estado-Membro em cujo território se prevê a realização do projeto deve dar ao outro Estado-Membro um prazo razoável para que este informe se deseja participar no processo de tomada de decisão no domínio do ambiente”. A Diretiva 2014/52/UE, de 16 de abril, que altera a anteriormente mencionada, altera o nº 4 do Artigo 7º, referindo agora explicitamente que “Os Estados-Membros em causa devem consultar-se reciprocamente, designadamente sobre os potenciais efeitos transfronteiriços do projeto e sobre as medidas previstas para reduzir ou eliminar esses efeitos e fixam um prazo razoável para o período de consultas. Essas consultas podem ser efetuadas através de um organismo conjunto adequado.” Este procedimento não teve lugar antes da decisão final e portanto configura a **ilegalidade** invocada por Portugal na queixa junto da Comissão Europeia, queixa essa que entretanto viria a ser retirada.

Em várias situações relacionadas com o ambiente nas últimas décadas, em particular na área dos recursos hídricos, Espanha tem procurado sempre retirar vantagem das negociações bilaterais com Portugal. A amizade que marca o relacionamento entre os dois países, deveria aliás ser garantia de uma negociação equilibrada, que tem vindo a evoluir favoravelmente e que, em fevereiro de 2008, foi consignada num “Protocolo de atuação entre o Governo da República Portuguesa e o Governo do Reino de Espanha sobre a aplicação às avaliações ambientais de planos, programas e projetos com efeitos transfronteiriços” (https://www.apambiente.pt/_zdata/AAE/Responsabilidades/ProtocoloPT_ES_AIAAAE_20080219.pdf). A recente decisão de

construção do armazenamento temporário de resíduos nucleares é um **desrespeito** claro às regras acordadas.

3. IMPACTE AMBIENTAL, RECURSOS HÍDRICOS E MONITORIZAÇÃO EM PORTUGAL

O estudo de impacte ambiental do projeto “armazém temporário individualizado de combustível utilizado pela Central Nuclear de Almaraz” (estudo ref. R001-2892OTE-V03) de agosto de 2015 tem cerca de 650 páginas. Em junho de 2016 foi acrescentado um conjunto de documento complementar apenas referente à necessidade de avaliação da oscilação do nível freático na zona do armazenamento temporário (estudo ref. R005-2892OTE-V01). O estudo base de avaliação de impacte ambiental faz uma descrição exaustiva do projeto, explica porque tem de ser edificado o armazenamento temporário, apesar de, como já referido, nunca afirmar diretamente a razão para a sua construção (a extensão do período da central), apesar de tal se compreender indiretamente. Para além de concluir que não há alternativas de armazenamento dos resíduos de elevada atividade em Espanha que não junto à centrais, faz depois uma comparação qualitativa entre três alternativas numa lógica multicritério com atribuição de ponderações (de 1 a 3) a diferentes variáveis e à classificação obtida entre cada uma dessas variáveis, sobressaindo a alternativa a Norte da central. Há um enquadramento legal, onde não se identifica como clara necessidade a avaliação do impacte transfronteiriço, o que é aliás revelado, por exemplo, por se mencionarem várias distâncias a populações incluindo Madrid, mas nenhuma portuguesa, não se mencionando o nome de Portugal a não ser para referir a ocorrência de um sismo junto à fronteira em 2005. O estudo faz uma descrição exaustiva dos diferentes valores em causa (o denominado inventário ambiental), descrevendo depois as componentes desse inventário suscetíveis de receber impactes da construção do armazém.

No que respeita aos recursos hídricos, e em particular no que respeita ao funcionamento da central nuclear e à água que é utilizada para arrefecimento, a situação é relativamente complexa. Hidrologicamente, a área de

estudo que foi considerada no estudo insere-se na bacia hidrográfica do Tejo. Aliás, um dos elementos referidos como essenciais na descrição da componente recursos hídricos é o Real Decreto 270/2014, de 11 de abril, em que se aprova o Plano Hidrológico na parte espanhola e a demarcação hidrográfica do Tejo (BOE nº 89, de 12 de abril de 2014) e todo um conjunto de conteúdos que são relevados como importantes na descrição da situação de referência.

A central e o eventual futuro armazenamento temporário ficam na margem direita da albufeira de Arrocampo, mas a entrada e saída da água pode ter lugar a partir apenas desta albufeira - que tem aliás uma divisão morfológica a meio para criar uma circulação associada às diferentes temperaturas da água (retirada e devolvida) – ou pode-se recorrer, em caso de necessidade, nomeadamente se os níveis forem reduzidos, diretamente ao rio Tejo e à albufeira de Torrejón, onde também pode

haver diretamente a descarga após passagem numa torre de arrefecimento (ver Figura 1).

Como exemplo de deficiências do estudo, os dados referidos na componente inventário estão claramente desatualizados e mostram que em 2009/2010, a qualidade ecológica da albufeira de Arrocampo, de acordo com os critérios da Diretiva 2008/105/CE (modificada pela Diretiva 2013/39/EU), era considerada “má”. Os parâmetros químicos situavam a qualidade da água como “boa”.

Existem também outras falhas nos estudos desenvolvidos. A declaração de impacto ambiental (DIA) e a resolução de autorização não tem em conta uma hipotética destruição da barragem de Valdecañas, sendo que a altitude da central e do depósito é abaixo da zona de inundação de análise de segurança probabilística desenvolvida. Os valores limite de radioatividade considerados são demasiado elevados, uma vez que se admite atingir $\mu\text{Sv} / \text{h}$, o que é uma dose maior



Figura 1. Utilização de água para arrefecimento (circuito terciário) pela central nuclear de Almaraz.

que a permitida para o público em geral, não considerando quem permaneça no local um tempo considerável. Esta dose deveria ser reduzida para 1,25 microSv / h. Aliás, o valor da dose limite atinge 0,5 microSv / h na área monitorada, que é muito alto, especialmente se se levar em conta a necessidade de acompanhamento entre os contentores com resíduos. Houve também falhas no uso da série histórica de estações de espectrometria gama da rede de monitoração da Estremadura e que permitiria ter uma melhor avaliação da referência e potenciais impactes. Na análise geotécnica, faltou a validação necessária do Instituto Geológico e Mineiro para a plataforma sísmica e a análise da resposta dinâmica do terreno e informação sobre o substrato das plataformas a construir, uma vez que o armazenamento temporário em laje está localizado na proximidade da área da albufeira de Arrocampo, o que pode condicionar algumas características de estabilidade. Mais ainda, do ponto de vista legal, o facto da albufeira ser uma Zona de Proteção Especial para Aves salvaguardada no quadro de legislação europeia, deveria igualmente ter sido melhor refletido na avaliação.

4. IMPACTES IDENTIFICADOS

Os impactes considerados no âmbito do estudo relativos às fases de construção, operação e desmantelamento incluíram uma qualificação nas seguintes vertentes: no que respeita aos recursos fluviais superficiais, em termos físicos, impactes associados à interceção da ribeira de Molinillo junto à área do depósito, a alteração da rede de drenagem superficial, o incremento do potencial de erosão e possíveis alterações em termos de qualidade; no que respeita aos recursos subterrâneos, alteração da dinâmica dos aquíferos e da qualidade das águas subterrâneas. A qualificação variou, de acordo com as diferentes vertentes, entre o moderado e o não significativo, sendo a totalidade considerados com compatíveis na fase de funcionamento. Porém, todos os resultados apontam para uma avaliação de escala local, sem quaisquer efeitos de um acidente de muito baixa probabilidade mas de grande escala, associado apenas ao armazenamento

ou também à central, esse sim com possíveis impactes, e que possa afetar o rio Tejo e ter repercussões mais longínquas através do rio Tejo.

Efetivamente, e por comparação das duas instalações (central e armazenamento), que como já se referiu estão interligadas em termos de horizonte temporal, o risco associado ao prolongamento do funcionamento da central nuclear é e será à partida muito superior ao exclusivamente atribuído ao armazenamento temporário.

Portugal instalou uma Rede de Vigilância em Contínuo da Radioatividade do Ar Ambiente, no quadro da aplicação da Convenção Internacional sobre Notificação Rápida em caso de Acidente Nuclear ou Emergência Radiológica. Dispondo de 11 estações de medição na radiação no ambiente em Portugal Continental (sendo as mais próximas de Almaraz em Elvas e Castelo Branco) e uma estação submersa no rio Tejo em Fratel em funcionamento em tempo real (rede RADNET gerida pela Agência Portuguesa do Ambiente), é possível fazer um registo dos níveis de radioatividade no tempo mas a capacidade de intervenção em relação a um acidente e a definição de planos de contingência articulados entre os dois países é um aspeto crucial a clarificar.

5. UM DIÁLOGO PROVAVELMENTE INCONSEQUENTE

O diálogo com Espanha sobre a construção do armazenamento temporário de resíduos nucleares e a prorrogação da licença da central nuclear é positivo. Porém, tal diálogo surge sem um mínimo de contrapartidas suficiente que justifique a retirada da queixa pelo Estado Português junto da Comissão Europeia:

- Espanha não se comprometeu a interromper os trabalhos de construção do armazenamento temporário (embora agora não tenham obviamente natureza irreversível);
- Espanha não se comprometeu a emitir uma nova declaração de impacte ambiental face aos impactes transfronteiriços não estudados;

- Espanha nada refere em relação à intenção de prolongar a vida da central nuclear de Almaraz por mais anos, para além de 2020, que é efetivamente o verdadeiro problema subjacente ao armazenamento temporário de resíduos nucleares provenientes da central.

Por último, falta esclarecer devidamente as contrapartidas que tenham sido negociadas com a Comissão Europeia e/ou Espanha no que se refere às interligações nas áreas da eletricidade e gás natural e que seduziram Portugal para a retirada da queixa.

Havendo uma correção formal ou provavelmente apenas informal do processo de avaliação de impacto ambiental por Espanha e mesmo havendo um conjunto de argumentos fortes apresentados por Portugal, Espanha pode tomar, ou melhor, reafirmar a decisão

tomada, de forma legitimamente unilateral. O futuro da central de Almaraz é efetivamente um problema político grave, onde a recente aprovação do armazenamento temporário de resíduos constituiu um incidente diplomático. O encerramento da central de Almaraz até 2020 como previsto na atual licença deve ser assim negociado com a máxima prioridade entre os chefes de governo de Portugal e Espanha.

Os riscos ambientais e para a saúde pública do armazém temporário de resíduos radioativos são relevantes, mas é principalmente o funcionamento de uma central que tem apresentado debilidades crescentes e que está cada vez mais obsoleta, que ao ver a sua vida prolongar-se mais anos, constitui um risco crescente para Portugal, quer por contaminação do rio Tejo, quer por contaminação através da atmosfera em caso de acidente.

Rede de Vigilância em Contínuo da Radioatividade do Ambiente (RADNET)

João Oliveira Martins, Francisco Cardoso, Paulo Marques Nunes, Luis Portugal, Márcia Farto, Ana Teresa Perez

Agência Portuguesa do Ambiente

O controlo radiológico do ambiente em Portugal monitoriza as concentrações de radionuclídeos artificiais e naturais no ambiente (atmosférico, aquático e terrestre) considerados vias diretas de contaminação para o Homem, de modo a assegurar o acompanhamento da exposição da população portuguesa.

DESCRIÇÃO

A radioatividade não é um fenómeno recente nem exclusivamente resultante da ação antropogénica. Com efeito, a Terra sempre esteve sujeita à radiação cósmica e da sua constituição sempre fizeram parte alguns radionuclídeos (forma instável de um elemento químico que liberta energia na forma de radiação ionizante por forma a tornar-se estável). Atualmente, e após a descoberta da radioatividade com consequente utilização em várias áreas de atividade, os radionuclídeos presentes no ambiente poderão ter origem natural ou antrópica. Resultam, basicamente, de quatro fontes principais:

- Exalação para a atmosfera de radão (^{222}Rn);
- Formação de radionuclídeos cosmogénicos através da interação da radiação cósmica com gases atmosféricos como o carbono, o azoto e o oxigénio, como por exemplo o berílio-7 (^7Be);
- Radioatividade natural tecnologicamente aumentada, resultante da utilização

industrial de matérias primas que contêm radionuclídeos naturais;

- Radionuclídeos artificiais, produtos de cisão e ativação, em virtude de atividades antrópicas (testes nucleares, produção de energia elétrica por via nuclear, produção de radioisótopos, acidentes, etc.).

Independentemente da sua origem, os nuclídeos (átomos com o mesmo número atómico e diferente número de massa) radioativos podem ocorrer na atmosfera na forma gasosa ou particulada (associados ao aerossol atmosférico). Em geral, a forma particulada é a que assume maior significado de risco radiológico, uma vez que essas partículas, através dos processos de transporte e deposição atmosférica, interagem com a biosfera.

A vigilância radiológica do ambiente em Portugal, definida de acordo com as especificidades do País, é realizada através de programas de monitorização, que consistem na determinação da presença de radionuclídeos artificiais e naturais no ambiente (atmosférico, aquático e terrestre) constituindo vias diretas de contaminação para o Homem.

A exposição do Homem à radioatividade pode afetar a sua saúde nomeadamente através de alterações genéticas e aparecimento de diversos tipos de neoplasias (leucemia, cancro do pulmão, pele, estômago, cólon, bexiga, mama e ovário, etc.). A exposição pode ser direta (nomeadamente por exposição do ser humano

às radiações) ou por via indireta através do ar, água, solo e alimentos devido à introdução acidental de radioatividade no meio ambiente. Portugal mantém operacional uma Rede de Vigilância em Contínuo da Radioatividade do Ambiente (RADNET) capaz de detetar situações de aumento anormal de radioatividade no ambiente. A RADNET conta atualmente com 15 estações fixas, uma estação móvel (autoportada), uma estação móvel portátil e duas estações portáteis. A rede mede em contínuo a radiação gama no ambiente, acionando um alarme quando os níveis de radiação medidos são superiores a um limite predefinido, que corresponde ao triplo do valor médio medido em situação normal. Nesses casos, o alarme recebido na unidade central acionará os sistemas automáticos, sonoros e visuais, instalados na Agência Portuguesa do Ambiente, a quem compete a gestão da RADNET. A implementação desta rede teve início em 1989.

OBJETIVOS

- Garantir que a RADNET se encontra operacional, possibilitando um aviso imediato em caso de deteção de valores anómalos e proceder a uma resposta rápida e bem coordenada a nível nacional;
- Garantir a monitorização em rotina da radioatividade no ambiente, e a identificação de desvio nos valores com significado radiológico.

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO

A RADNET tem uma distribuição esparsa de estações, com uma disposição geográfica que toma como princípio garantir uma boa cobertura da zona da fronteira com Espanha e dos grandes centros populacionais de Portugal continental e das Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores.

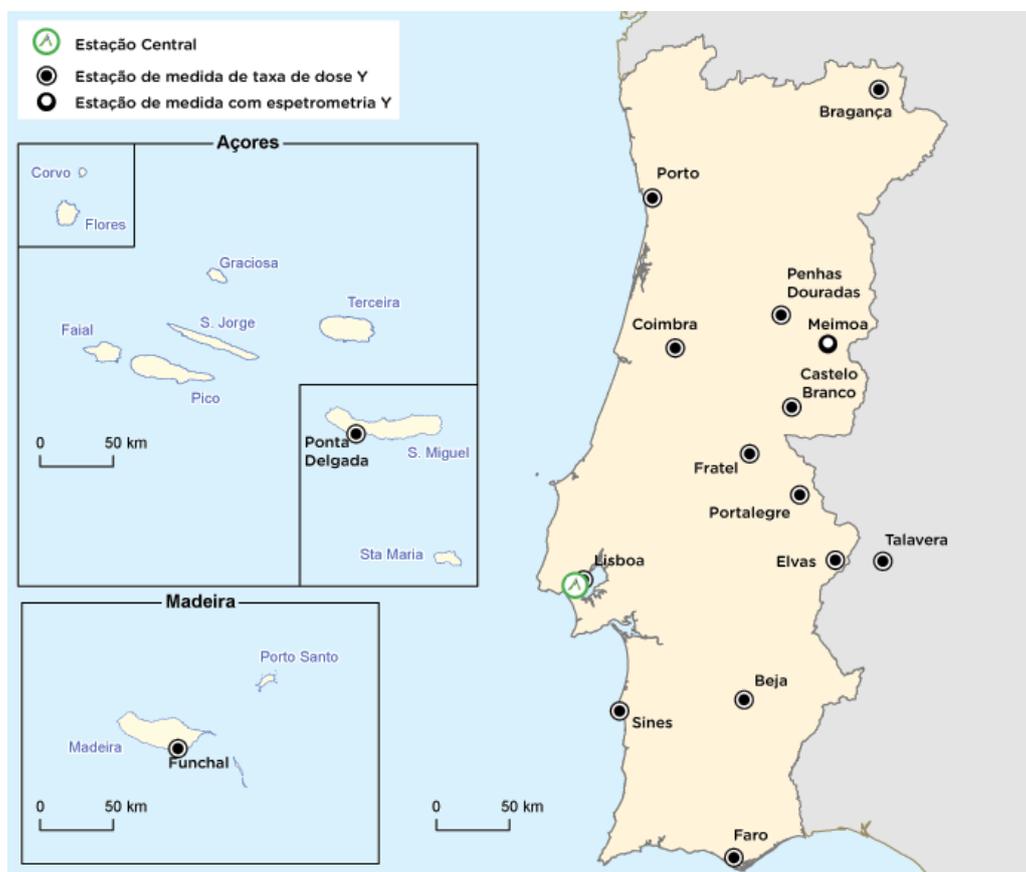


Figura 1. Localização das estações da RADNET em 2016

Fonte: APA, 2016

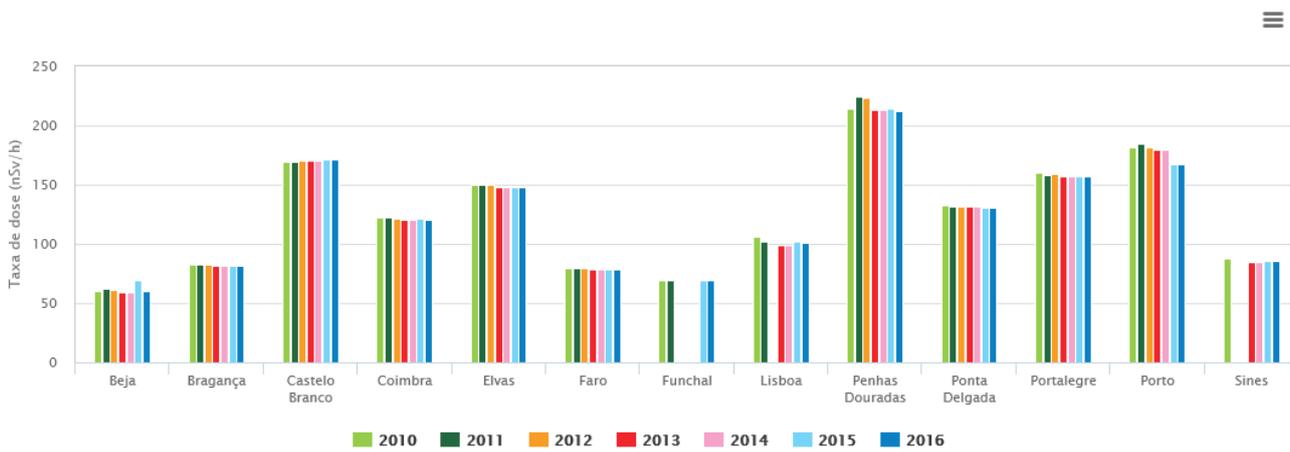


Figura 2. Valores médios anuais da taxa de dose de radiação gama no ambiente em Portugal, entre 2010 e 2016

Fonte: APA, 2016

Relativamente aos valores médios anuais da taxa de dose de radiação gama no ambiente, os dados recolhidos entre 2010 e 2016, correspondem a valores do fundo radioativo natural do local onde ocorreu a medição. Este fundo radioativo natural varia em função da geologia local e da altitude, justificando os valores médios anuais consideravelmente diferentes entre as várias estações.

Pode ainda observar-se que as médias anuais para cada estação se têm mantido constantes ao longo dos anos apresentados, permitindo concluir que não houve alteração significativa dos níveis de radiação gama no ambiente, sendo que a situação se tem mantido normal do ponto de vista radiológico.

A RADNET funcionou em contínuo, com uma disponibilidade temporal média de 99% em 2016, não tendo ocorrido qualquer alarme por incremento anormal de radioatividade no ambiente.

DESENVOLVIMENTOS RECENTES

Com o objetivo de garantir níveis de operação dentro dos padrões de qualidade exigidos para estas redes, a RADNET dispõe de um programa de gestão da qualidade que inclui a inspeção anual a todas as estações e o suporte aos seus sistemas informáticos. Este programa também contempla manutenções frequentes e, em caso de avaria, requer um tempo de resposta entre 1 a 2 dias úteis para deslocação à estação, análise

da avaria e proposta de soluções para retomar o funcionamento da mesma.

Com o intuito de aumentar a cobertura espacial das estações fixas e modernizar a RADNET introduzindo tecnologia de ponta, foram já adquiridas 6 novas estações cuja futura localização está em análise. Estas novas estações possuem capacidade espectroscópica, permitindo, em tempo real, a identificação dos radioisótopos presentes no ambiente e aumentar a sensibilidade da medição

A concretização do objetivo de dotar a RADNET com uma maior capacidade de monitorização móvel foi alcançada pela aquisição de duas estações gama portáteis e uma estação espectroscópica móvel. As estações móveis permitem a realização de medidas em tempo real em qualquer localização do território nacional, complementando a capacidade fixa da RADNET.

Para manter o alto nível de operacionalidade alcançado em 2016, imprescindível nesta tipologia de redes de monitorização, foi feito um investimento, nos últimos 3 anos, de aproximadamente meio milhão de euros. Este montante foi distribuído entre a aquisição de serviços de manutenção, o apoio técnico à RADNET e a aquisição de novos equipamentos e peças sobresselentes.

MAIS INFORMAÇÃO

Agência Portuguesa do Ambiente – www.apambiente.pt

Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SINAmb): Indicadores de Monitorização – <http://sniamb.apambiente.pt/Home/Default.htm>

Rede de Alerta de Radioatividade no Ambiente
- <http://radnet.apambiente.pt/>

Plataforma EURDEP - <http://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Basic/Pages/Public/Home/Default.aspx>

Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030

José Silva Ferreira

Coordenador da Equipa de Projecto do Plano Geral de Drenagem de Lisboa

A rede de drenagem do município de Lisboa, com carácter essencialmente unitário (água residual doméstica, industrial e pluvial), serve uma área total da ordem de 10 239 hectares da qual cerca de 8 426 hectares do concelho, 1 131 hectares do concelho da Amadora, 634 hectares de Oeiras e 48 hectares de Loures.

Pode-se dizer que é um concelho essencialmente receptor de efluentes se bem que existam três áreas, de reduzida dimensão com cerca de 400 hectares, que drenam para os concelhos vizinhos.

A rede da cidade de Lisboa tem cerca de 1 560 km de extensão, que drenam as águas residuais domésticas e industriais para três Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR): Alcântara, Chelas e Beirolas. Esta rede maioritariamente unitária, em períodos de grandes chuvadas, fica sujeita a caudais pluviais muito elevados, que em eventos extremos, podem atingir os 200 m³/s em Alcântara, 60 m³/s na zona da Baixa e 150 m³/s em Chelas, ocorrendo com frequência inundações com grandes incómodos para a população e prejuízos avultados. Associados às alterações climáticas, a subida do nível da maré e uma maior concentração de precipitação em eventos extremos, tenderão a agravar estas situações.

PGDL 2008

Na sequência da ocorrência de diversas inundações na cidade de Lisboa, com uma frequência e volume inusitados nos últimos

anos, bem como a constatação de um funcionamento inadequado/deficiente da rede de drenagem (doméstica e pluvial) para fazer frente a estes acontecimentos, o executivo da Câmara Municipal de Lisboa (CML) decidiu em 2004 proceder à encomenda da elaboração do Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL) com a finalidade de se munir de um instrumento que analisasse aquelas situações e apresentasse propostas de soluções com estimativa de custos e tempo de implementação.

Selecionada a equipa responsável por esse estudo, o trabalho foi iniciado em Dezembro de 2004.

Para esse estudo foram inicialmente consideradas as chuvadas máximas correspondentes a um período de retorno de 10 anos e preconizada a execução de um conjunto de obras/medidas estruturais e de actividades num período de cerca de 12 anos destacando-se:

- A actualização/verificação do cadastro da rede de saneamento existente acompanhado de verificação com inspecção vídeo (CCTV), com especial enfoque na rede principal (cerca de 170 km);
- A construção de cinco reservatórios (Campolide/ Avenidas Novas/Olarias/Cidade Universitária/ Av. de Berlim) para armazenamento de caudais e minorar a probabilidade de ocorrência de cheias a jusante;
- Construção de um túnel para desvio de caudais entre o Martim Moniz e Sta. Apolónia;

- Intervenção em cerca de 30 kms da rede primária (dimensão de colectores unitários/pluviais com diâmetro superior a 1 000 mm e domésticos com diâmetro superior a 500 mm);
- Reabilitação/substituição de colectores em diversas zonas da rede secundária;
- Construção de bacias de retenção a céu aberto na origem;
- Beneficiação das descargas no Tejo;
- Implementação de uma rede de monitorização de alturas de escoamento e caudais para apoio à decisão de projecto e optimização de investimentos.

O valor estimado de investimento era da ordem dos 171 milhões de euros (M€).

Após apresentação e discussão, quer internamente na CML quer com diversos técnicos externos, o PGDL foi aprovado pelo executivo camarário em 26 de Março de 2008 e incorporado no PDM.



Figura 3. Reservatório da Alameda da Universidade.



Figura 4. Reservatório junto à Av. de Berlim.



Figura 1. Reservatórios de Campolide e Av. Novas.



Figura 2. Reservatório das Olaias.



Figura 5. Túnel entre Praça Martim Moniz e Sta. Apolónia.

PGDL 2016-2030

Em finais de 2014, face ao tempo decorrido desde a aprovação do PGDL 2008, procedeu-se à sua revisão/actualização, com o intuito verificar o interesse e prioridade das intervenções anteriormente previstas e aprofundar as soluções para responder aos principais problemas de drenagem do município de Lisboa.

Constituíram princípios orientadores desta actualização, a preocupação em desenvolver uma solução integrada de controlo das inundações que afectam, com frequência, Lisboa e dotar a cidade com um conjunto de infra-estruturas de drenagem estruturantes que a preparem para os desafios do século XXI e projectando-a para o século XXII.

Esta tarefa foi concluída em meados de 2015 tendo sido colocado o PGDL 2016-2030 em discussão pública, entre Julho e Setembro desse ano. Simultaneamente foram efectuadas apresentações em workshops, acções na Ordem dos Engenheiros e em diversas iniciativas nacionais e internacionais do sector das águas. O PGDL 2016-2030 foi aprovado, por unanimidade, pelo executivo camarário em reunião de câmara ocorrida em 16 de Dezembro de 2015.

Dadas as obras das últimas duas décadas na cidade de Lisboa, conclui-se que, em grande parte, se encontram resolvidos os problemas de poluição e contaminação dos meios receptores (fundamentalmente o estuário do rio Tejo), em tempo seco, dado que a rejeição dos esgotos se processa após tratamento secundário ou terciário, numa das três Estações de Tratamento de Águas Residuais da cidade (ETAR de Alcântara, Chelas e Beirolas).

Neste sentido, o PGDL 2016-2030 focou-se fundamentalmente nos problemas de drenagem pluvial da cidade de Lisboa, tendo por principais objectivos:

- Actualizar a informação sobre a rede principal de drenagem pluvial de Lisboa, em função das obras realizadas ou previstas e dos elementos recolhidos em estudos ou levantamentos realizados;
- Verificar as estimativas de caudal tendo em atenção os resultados da monitorização

de precipitação e de caudal levados a cabo pela SIMTEJO;

- Rever o PGDL 2008, nomeadamente as soluções então preconizadas, com eventual proposta de alternativas, a priorização de intervenções e a estimativa de custos;
- Propor soluções para os principais problemas de drenagem pluvial da cidade de Lisboa, nomeadamente na zona de Alcântara / Largo das Fontainhas, Rua das Pretas / Rua de São José / Rossio, Martim Moniz / Praça da Figueira, Xabregas / Rua Gualdim Pais e Avenida de Berlim;
- Verificar as soluções propostas para os problemas de inundação de origem localizada que ocorrem com frequência nalguns locais da cidade, nomeadamente na zona baixa de Alcântara, na Alameda das Linhas de Torres, Paço do Lumiar e Bairro de Santa Cruz;
- Verificar em que medida as intervenções urbanísticas previstas constituem oportunidades de desenvolvimento das soluções de drenagem previstas, realizando-as a par dessas intervenções;
- Apresentar um plano de monitorização da rede de drenagem que complemente o esforço de monitorização da SIMTEJO, e um plano de actualização do cadastro e inspecção da rede de drenagem.

Foi também objectivo deste plano:

- Contribuir para as acções de adaptação do sistema de drenagem da cidade aos desafios decorrentes de:
 - Ocupação do território;
 - Alterações climáticas, nomeadamente a subida do nível da água do mar e o aumento do risco da ocorrência de eventos extremos de precipitação;
- Reduzir as intervenções que perturbassem a vida do dia-a-dia dos residentes e visitantes da cidade de Lisboa.

Por outro lado, face ao referido no último parágrafo associado a que o PGDL 2008 previa poder dar resposta a chuvadas máximas

correspondentes a um período de retorno de 10 anos, solicitou-se à equipa autora (Consórcio HIDRA/ENGIDRO) que verificasse a possibilidade de se ampliar este período de retorno mas tendo presente o não incremento significativo do valor do investimento então previsto.

Iniciados os estudos rapidamente se constatou que o incremento para um período de retorno de 20/25 anos acarretava um aumento significativo do volume dos reservatórios (e dos custos do investimento) bem como as dificuldades de se encontrarem locais livres para novos reservatórios e/ou incremento do volume dos preconizados no PGDL 2008.

Foi neste contexto que, procurando-se ser ainda mais ambicioso no horizonte do período de retorno (100 anos), mas mantendo o investimento sem subidas significativas, se optou pela solução baseada em túneis para desvio de caudais, aliadas às outras medidas já previstas no PGDL 2008, em que destaca:

- Reabilitação e reforço de colectores de redes primárias e secundárias (p. ex. Avenida de Berna, do Museu do Traje);
- Redução das perdas de carga localizadas (p. ex. câmara da Rua de S. José/ R. Telhal

ou câmara junto do Hotel Mundial);

- Reabilitação e controlo de caudais em descarregadores;
- Captação de escoamento de superfície (sarjetas de passeios e sumidouros);
- Soluções de controlo na origem;
- Reabilitação do trecho final do Caneiro de Alcântara;

A solução estruturante de desvio de caudais consubstancia-se na construção de dois túneis, ambos com 5,5 m de diâmetro interno, com o traçado indicado nas Figuras 6 e 7 e uma extensão de cerca de 5 km para o túnel Monsanto/Sta. Apolónia (TMSA) e 1 km para o túnel Chelas/Beato (TCB).

A construção destes dois túneis, juntamente com o reforço do colector da Av. Recíproca entre a Av. de Berlim e o rio Tejo, constituem as acções estruturais do PGDL 2016-2030 permitindo a resolução entre 70 e 80 % dos problemas das inundações na cidade de Lisboa. O TMSA tem origem em Monsanto no Caneiro de Alcântara, imediatamente após a junção do ramo de Benfica com o ramo das Avenidas Novas (Sete Rios). Ao longo do seu traçado estão previstas mais três entradas de caudais pluviais

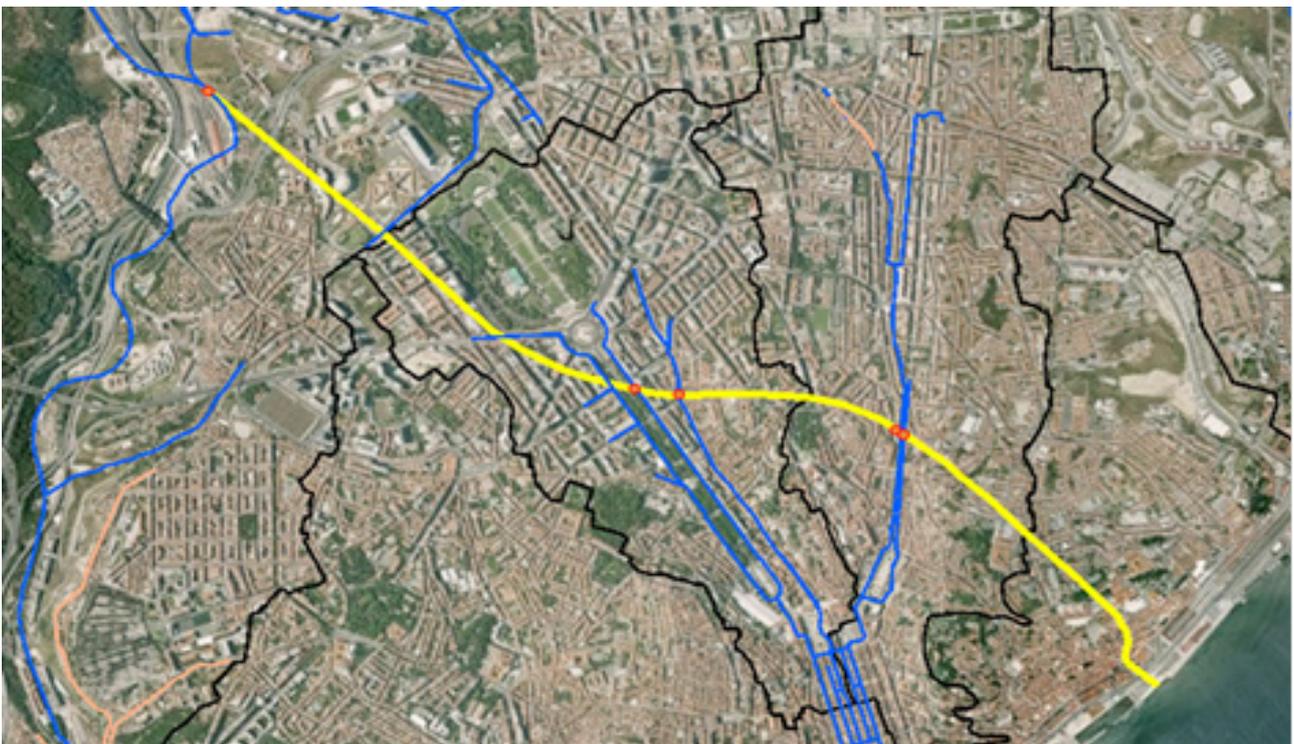


Figura 6. TMSA - entre Monsanto e Sta. Apolónia com comprimento cerca de 5 km.



Figura 7. TCB - entre Chelas e Beato com um comprimento de cerca de 1 km.

excedentários para protecção das zonas baixas a jusante: na Av. da Liberdade, na Rua de Sta. Marta e na Av. Almirante Reis. Dada a grande profundidade do TMSA, nestes pontos utilizar-se-ão câmaras de vórtice para reduzir a energia da queda (está em curso a construção de um modelo físico pelo LNEC para verificação do funcionamento hidráulico). De referir que se vai incorporar tubagem na soleira do túnel TMSA que permitirá num futuro próximo transportar

a água reciclada da ETAR de Alcântara para o centro da cidade e aí ser utilizada para rega, lavagem de ruas e rede de combate a incêndios. O valor total do investimento com a implementação deste PGDL 2016-2030 é da ordem de 185 M€ prevendo-se o seguinte calendário para a sua execução:

2016-2021

- Construção dos dois túneis (TMSA e TCB), com um valor estimado de 85 M€
- Reforço de colectores junto à Av. Recíproca, com um valor estimado de 7 M€
- Diversas acções na rede primária/secundária (reforço/reabilitação de colectores, controlo de caudais e minimização de perdas de carga) com um valor estimado de 30 M€
- Intervenções de controlo na origem (p. ex. Ameixoeira e Alto da Ajuda) com um valor estimado de 1,5 M€
- Verificação do cadastro da rede de saneamento incluindo inspecção CCTV, com um valor estimado de 3 M€

2021-2030

As restantes acções com especial enfoque para a manutenção preventiva da rede existente.

Redes de Monitorização Hidrometeorológicas

Manuela Saramago

Técnica Superior, Responsável pelo Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH) da Agência Portuguesa do Ambiente

ENQUADRAMENTO

As redes de monitorização de recursos hídricos, composta pela rede meteorológica e pela rede hidrométrica, são essenciais para responder a diversas obrigações e compromissos do Estado português. Entre as obrigações a cumprir salientam-se:

- Avaliação e gestão das disponibilidades hídricas nacionais;
- Realização de estudos hidrológicos e hidráulicos de base à construção e exploração de barragens, pontes e passagens hidráulicas em vias de comunicação
- Verificação do cumprimento da Convenção sobre Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas (Convenção de Albufeira) e futuras adequações a novas realidades;
- Apoio à avaliação do estado das massas de água;
- Apoio às atividades da Autoridade Nacional de Proteção Civil, em caso de ocorrência de fenómenos extremos como são as inundações e os incêndios florestais;
- Apoio à definição das políticas de planeamento e de gestão de recursos hídricos.

A evolução do número de estações das redes

hidrometeorológicas denota a crescente relevância e necessidade de obter conhecimento sobre os recursos hídricos, visando um ordenamento de território sustentado. Alguns dos momentos historicamente relevantes para a rede de monitorização de recursos hídricos são:

- a) Na década de 30 a rede meteorológica dos Serviços Hidráulicos e Elétricos já era composta por 227 postos, enquanto a rede hidrométrica era composta por 113 estações;
- b) Na década de 60 a rede meteorológica da Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos era já composta por cerca de 407 postos, enquanto a rede hidrométrica era composta por 206 estações;
- c) No final do século XX a rede meteorológica da Autoridade Nacional da Água era composta por cerca de 640 estações e a rede hidrométrica por 290 estações.

Nos 16 anos que decorreram de exploração das redes após a reestruturação houve evoluções significativas quer do ponto de vista legislativo, nacional e comunitário, quer do ponto de vista tecnológico, no que respeita a sistemas de informação, de apoio à decisão, sensores e comunicação de dados, que conduziram a uma nova etapa do seu desenvolvimento, com especial enfoque no Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH).

O SVARH permite conhecer em tempo-útil o estado hidrológico dos rios e albufeiras do país e informação meteorológica, possibilitando

ainda a antevisão da sua possível evolução. Este sistema é alimentado por estações automáticas das redes hidrometeorológicas, com teletransmissão, por dados fornecidos por entidades externas à APA e por uma estrutura informática para armazenamento e disseminação da informação.

A arquitetura das redes de monitorização, apesar de consolidada, é sempre objeto de reavaliação e ajustes. Esta dinâmica das redes tem como objetivos: i) aumentar a fiabilidade dos dados, por um lado com investimento em novos sensores e dataloggers com funcionalidades de controlo de qualidade dos dados, por outro melhorar o sistema de transmissão em tempo-real. ii) aumentar cobertura pelo SVARH nas zonas de maior risco de inundação.

A informação em tempo-real das estações das redes hidrometeorológicas é essencial na implementação e parametrização dos modelos de previsão hidrológica e hidráulica do SVARH. O alerta precoce permite melhorar a eficácia das previsões na redução do risco, na preparação e resiliência da população à ameaça das inundações.

A manutenção do funcionamento em contínuo das redes hidrometeorológicas permite garantir a fiabilidade e consistência das séries de dados que sustentam o SVARH, que permitem conhecer as disponibilidades hídricas presentes e definir estratégias de adaptação às alterações climáticas.

A preservação da rede hidrometeorológica é pois essencial para a proteção da sociedade, considerando os cidadãos e suas atividades sociais e económicas e meio ambiente. Constitui a base para o conhecimento dos recursos hídricos em Portugal Continental, permitindo identificar as ameaças naturais como as inundações, secas e incêndios florestais, bem como as disponibilidades hídricas existentes, face aos usos licenciados e para a manutenção dos ecossistemas aquáticos.

SITUAÇÃO ATUAL

As redes hidrometeorológicas incluem cerca de 931 estações, onde se medem vários parâmetros que permitem quantificar o ramo terrestre do ciclo hidrológico: 311 estações hidrométricas (que medem níveis hidrométricos, cotas

ou caudais) e 620 estações meteorológicas (precipitação, velocidade e direção do vento, evaporação, radiação, temperatura, humidade). A rede de monitorização de recursos hídricos (quantidade), apesar de ser estrategicamente relevante, esteve praticamente inoperacional entre 2010 até outubro de 2014, momento em que a Agência Portuguesa do Ambiente iniciou a sua reabilitação, tendo sido feito um investimento de cerca de 4M€, utilizando financiamento comunitário.

A recuperação da rede de monitorização de recursos hídricos para além de colocar em funcionamento as estações de medição permitiu realizar uma atualização tecnológica, melhorando a aquisição dos dados e reduzindo os custos operacionais.

Atualmente está em funcionamento a rede prevista, sendo que duas centenas de estações estão apetrechadas com equipamento que permite a teletransmissão de dados em tempo real.

Na figura 1 apresenta-se a comparação entre o estado da rede meteorológica e da hidrométrica em 2014 e em 2016.

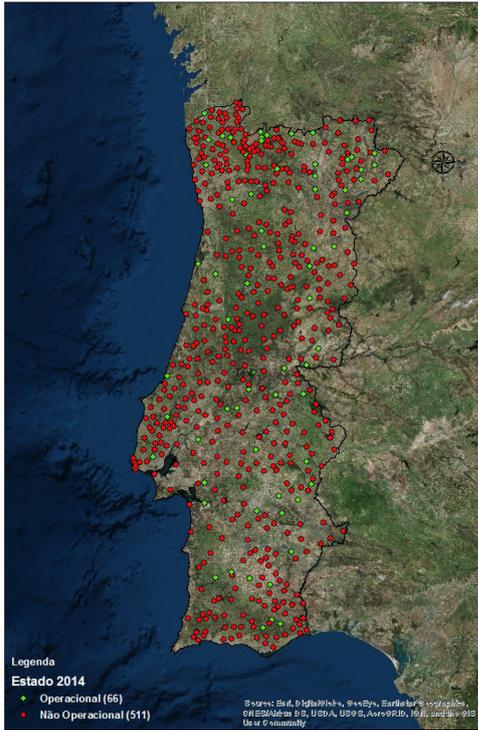
No entanto as estações estão sujeitas a muitas avarias, ações de vandalismos e outras vicissitudes, implicam ainda ações de desmatação frequentes, pelo que as ações de manutenção têm de ser constantes e são bastante onerosas.

As séries de dados recolhidos nas estações para serem valorizadas deverão estar disponíveis pelo que é necessário manter e atualizar procedimentos para assegurar o seu armazenamento e disponibilização.

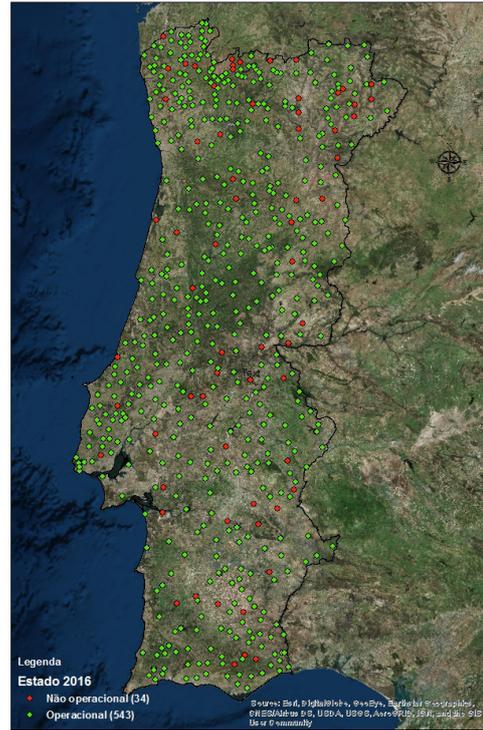
Estas tarefas obrigam a uma grande articulação entre a equipa especializada de campo e de gabinete. Esta interação é fundamental para que o circuito de transferência de dados se realize com sucesso e que aos dados se possam associar indicadores sobre a fiabilidade.

Com este objetivo os dados estão progressivamente a ser disponibilizados no portal do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos – SNIRH (<http://snirh.pt>). Com estes dados foi possível, também, reiniciar as publicações dos boletins mensais de precipitação, escoamento e temperatura. Na figura 2 apresenta-se um exemplo deste tipo de boletins (boletim de precipitação).

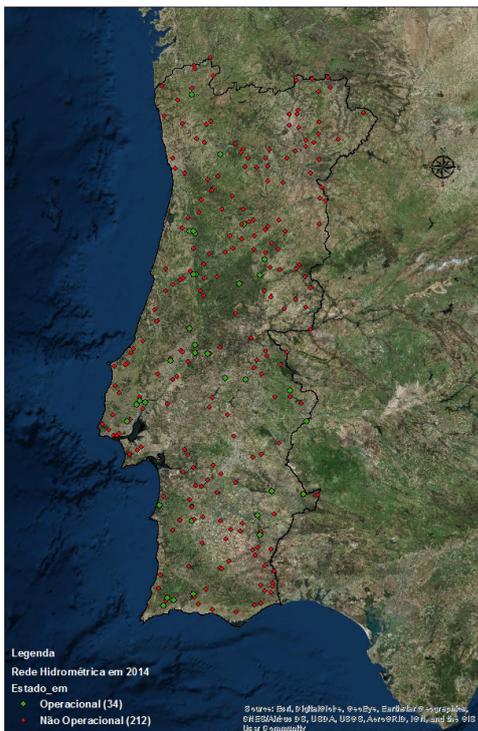
Estado da rede Meteorológica em 2014



Estado da rede Meteorológica em 2016



Estado rede Hidrométrica em 2014



Estado da rede Hidrométrica em 2016

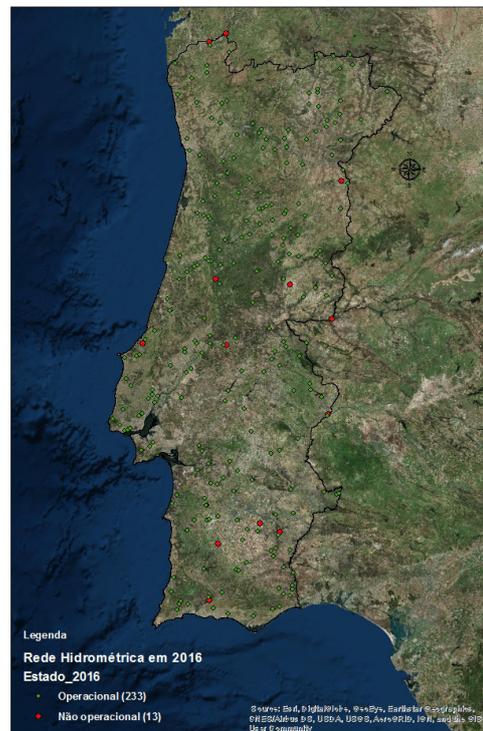


Figura 1

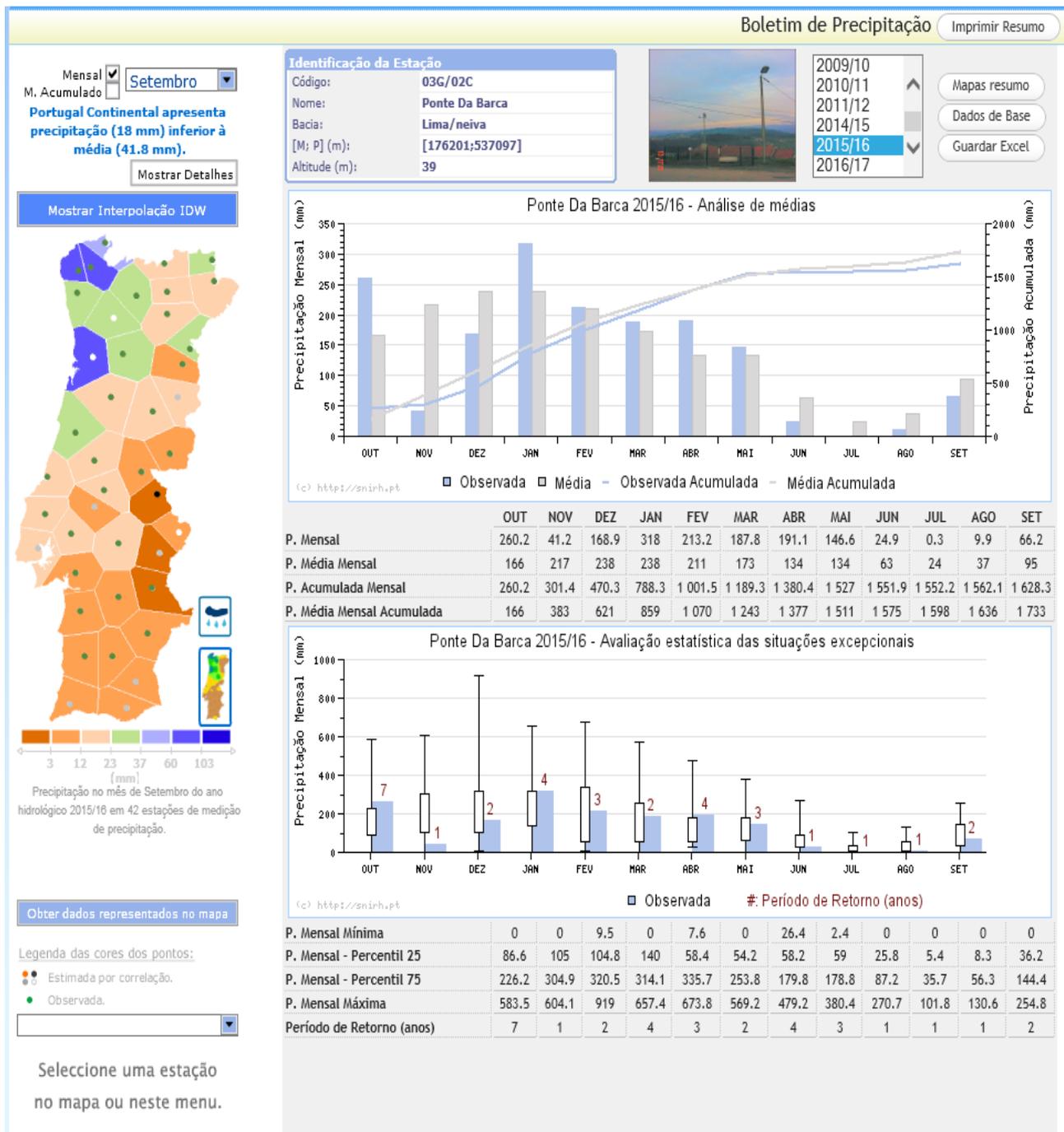


Figura 2

Simultaneamente, os dados estão a ser disponibilizados à Autoridade Nacional de Proteção Civil para que haja uma vigilância do território, visando a proteção de pessoas e bens, em caso de cheias e acidentes de poluição, através do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH), ilustrado na figura 3. A disponibilização é efetuada a partir de uma aplicação informática proprietária onde é possível visualizar em tempo real os dados e os níveis de alerta associados. Na

figura 4 ilustra-se, como exemplo, uma parte do sinóptico referente à bacia hidrográfica do rio Douro, bem como o pormenor associado a uma das estações.

PERSPETIVAS FUTURAS

A maior preocupação é garantir a continuidade da manutenção das redes hidrometeorológicas, face aos recursos humanos e logísticos envolvidos.

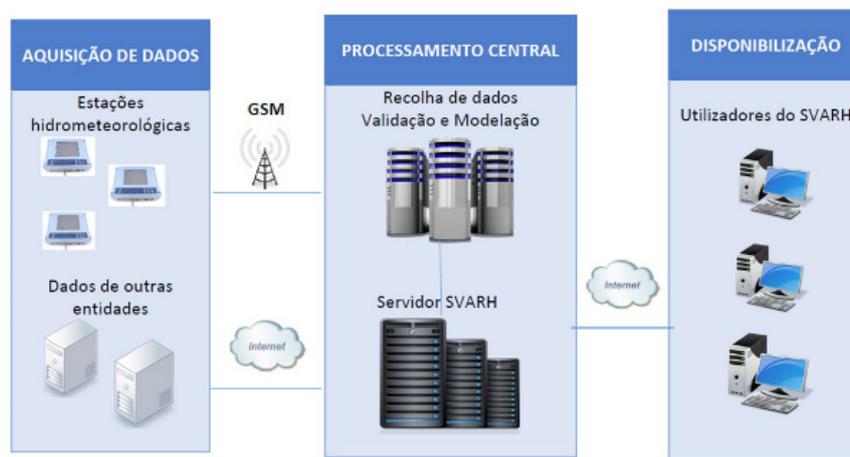


Figura 3

No âmbito dos planos de gestão dos riscos de inundações aprovados pela RCM n.º 51/2016, de 20 setembro, republicado pela declaração de Retificação n.º 22-A/2016, de 18 de novembro, desenvolvidos nos termos do Decreto-lei n.º 115/2010, de 22 de outubro que transpõe a Diretiva n.º 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações, foram definidas, entre outras medidas, intervenções ao nível do SVARH que podem ser catalogadas em quatro módulos:

a) **Medida – “SVARH – Modelação”:**
implementação, validação de modelos de previsão hidrológica e hidráulica

A modelação hidrológica e hidráulica permite obter em tempo-real previsões, para as próximas horas ou dias, de caudais e níveis no rio. Nesse sentido vão ser desenvolvidos estudos que permitam atualizar o Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos – SVARH no seu módulo de previsão de cheias, através do desenvolvimento e atualização dos modelos hidrológicos e modelos hidráulicos para as 22 Zonas Críticas abrangidas pelos Planos de Gestão dos Risco de Inundações – PGRI.

b) **Medida – “SVARH – reforço”- Desen-**
volvimento ou reforço do sistema de alerta

Vai ser realizado o reforço das estações com telemetria nas 22 zonas críticas identificadas permitindo que todas as Zonas Críticas fiquem apetrechadas com estes equipamentos, de

suporte ao acompanhamento das situações extremas e de base à modelação de previsão. Pode consistir apenas na instalação de teletransmissão em estações já existentes na rede de monitorização hidrometeorológica, atualização de sensores ou registador de dados ou mesmo instalação de novas estações.

c) **Medida – “SVARH – Aviso”- Integração dos elementos expostos no aviso**

A cartografia de inundação e de risco de inundação permitiu identificar os elementos expostos em cada Zona Crítica, nomeadamente – hospitais, escolas, indústrias, bombeiros, entre outros. A associação destes elementos aos alarmes definidos no SVARH permitirá melhorar a informação contida nos avisos, esboçar ações adequadas de preparação visando a salvaguarda aos diferentes elementos expostos, bem como à população residente nas áreas inundáveis.

Pretende-se com esta medida efetuar também a manutenção evolutiva do módulo de disponibilização do SVARH, com vista à melhoria da informação contida nos avisos disponibilizados aos agentes de proteção civil.

d) **Medida – “SVARH – SNIRH” Atualiza-**
ção do sistema de aviso no SNIRH

Os módulos de disponibilização de dados e previsão do SVARH não estão disponíveis ao público, estão acessíveis aos agentes de proteção civil e Autoridade Nacional da Água. Esta restrição impõe-se uma vez que

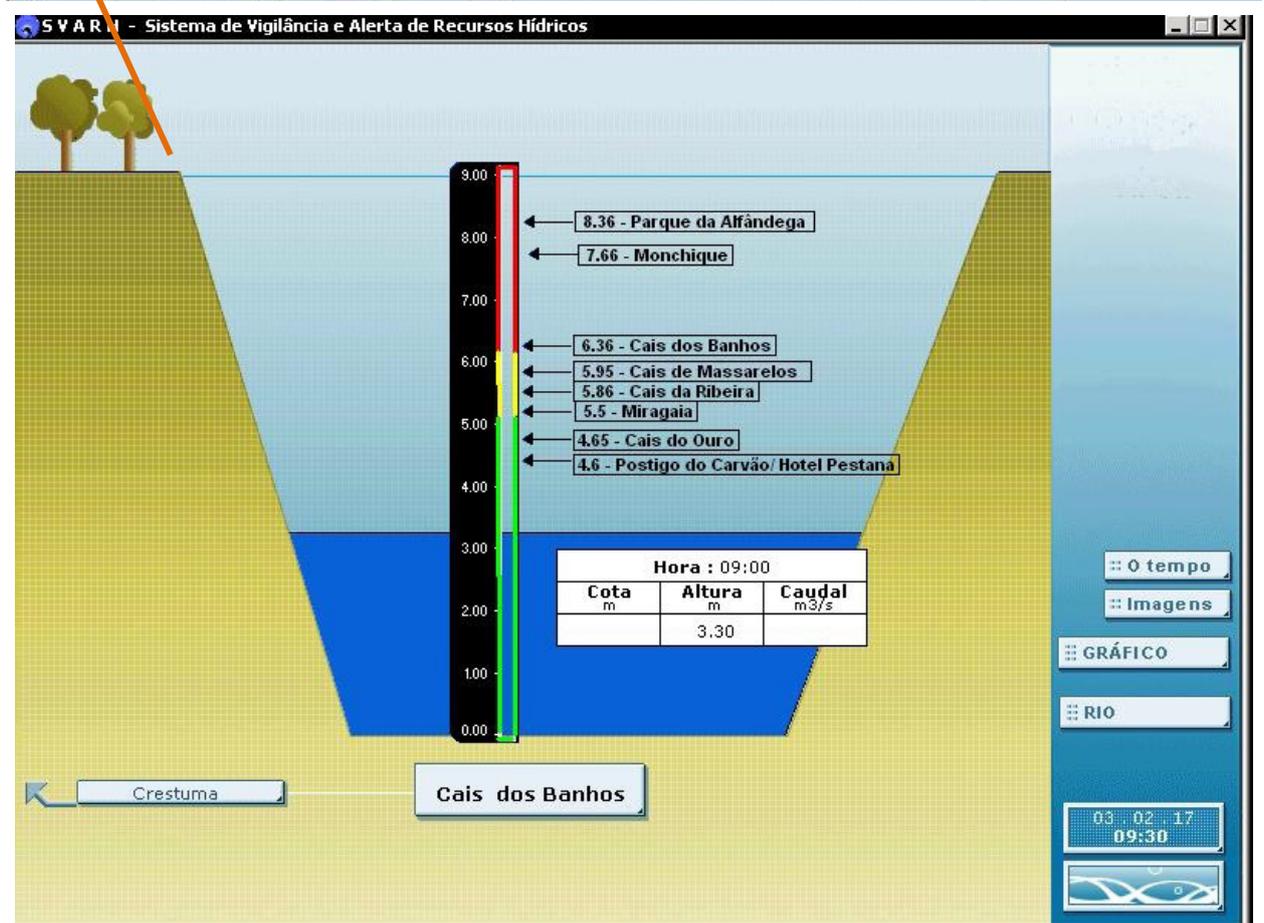
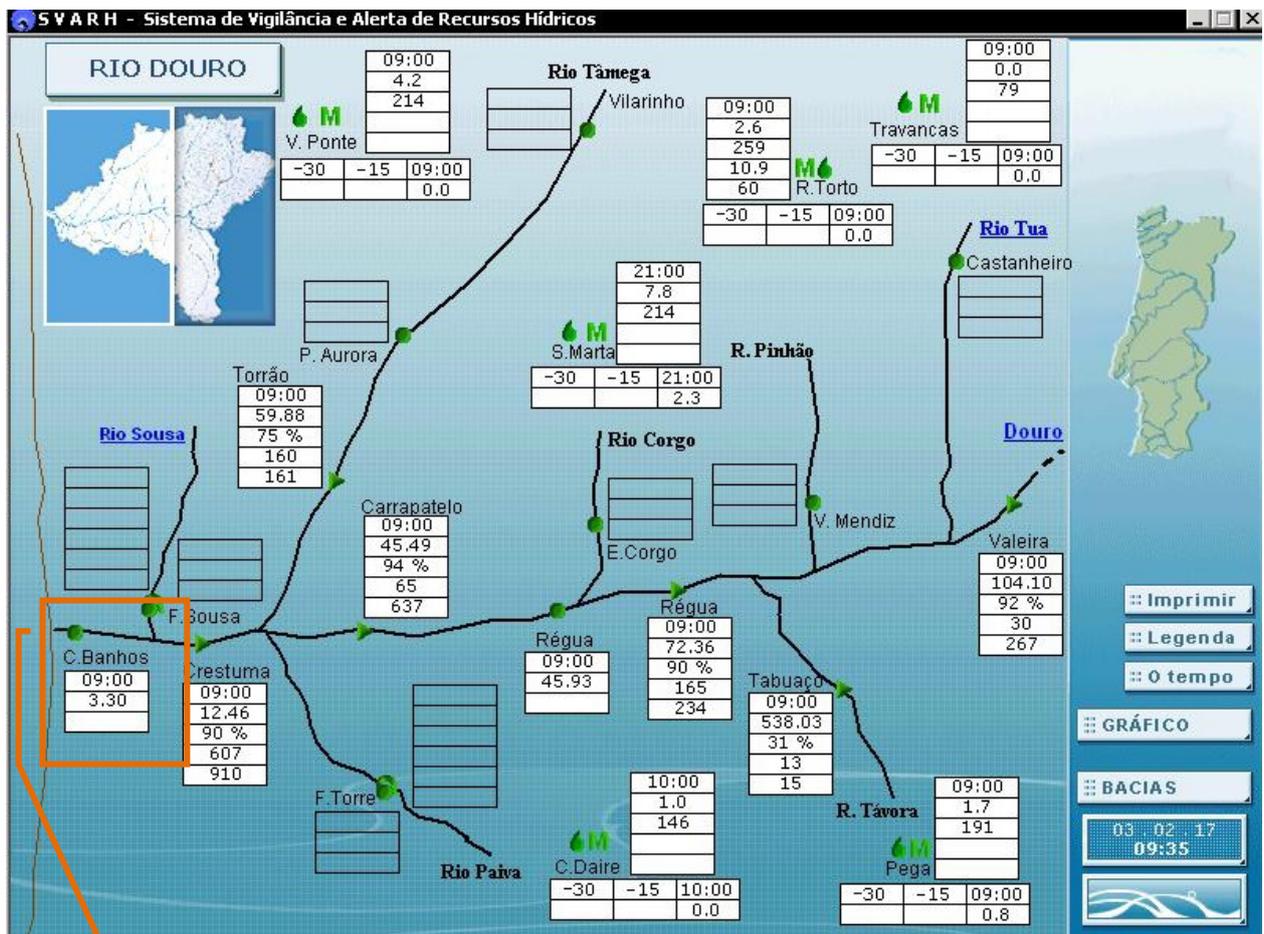


Figura 4

a informação disponibilizada requer análise pericial que permita a sua validação. Por outro lado, quando são emitidos avisos à população estes devem ser fiáveis, com informação sobre o risco e o que fazer.

Um sistema de alerta possui três níveis distintos de comunicação de avisos:

- **Alerta de inundação** – Um alerta de cheia antecede um aviso de cheia, é menos específico e tem o objetivo de aumentar a vigilância.
- **Previsão de inundação** – A previsão resultante dos modelos hidrológico e hidráulico deve ter um grau de precisão elevado, com informação sobre os níveis expectáveis, a área inundada e a hora a que serão atingidos valores mais elevados.
- **Aviso de inundação** – Um aviso deve ser disseminado atempadamente, por forma a assegurar ações de emergência. O aviso deve conter informação clara para que a população siga ações específicas que contribuem para a diminuição do risco e dos prejuízos que a inundação pode causar.

As previsões constituem informação técnica que deve ser convertida em informação comum. A criticidade associada às previsões exige que esta informação seja, apenas, disponibilizada à ANPC e, simultaneamente, esta deve ser a entidade responsável por emitir os avisos à população. No entanto, para que o SVARH tenha uma eficácia elevada na preparação da população, propõe-se atuar ao nível da disponibilização de “Alerta de Inundação”, através do desenvolvimento do módulo SVARH no portal do SNIRH com a inclusão da seguinte informação das estações hidrometeorológicas no sistema de vigilância:

- Dados atuais das estações que têm definidos níveis de alarme;
- Estado de alerta, correspondente ao nível de alarme atingido;

A informação deve estar georreferenciada, deve ser de fácil interpretação para qualquer cidadão e deve conduzir, quando necessário, a um aumento do estado de vigilância da população.

Estratégia Nacional de Educação Ambiental no âmbito dos Recursos Hídricos

António Gonçalves Henriques

Professor Convidado do Instituto Superior Técnico. Investigador Coordenador aposentado do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Director da Revista Recursos Hídricos

Em Dezembro passado o Governo publicou o documento “Caminho para uma Estratégia Nacional de Educação Ambiental 2020 (ENEA 2020)” que visa submeter a consulta pública, até ao final do primeiro trimestre de 2017, as orientações gerais da ENEA 2020, em especial a visão, os princípios, os eixos temáticos e as recomendações.

Sendo a participação do público um dos eixos estruturantes das políticas públicas de ambiente, a educação ambiental é um instrumento essencial e imprescindível para garantir que a participação do público seja útil e eficaz na expressão da vontade colectiva dos cidadãos. Por isso, considero a iniciativa do Governo da maior importância e oportunidade. No entanto, em minha opinião, o conteúdo e a qualidade do documento publicado estão muito aquém das exigências mínimas requeridas para assegurar a eficácia da educação ambiental, nomeadamente no que se refere aos recursos hídricos.

A Estratégia Nacional de Educação Ambiental deve ser baseada numa definição clara e precisa do conceito de educação ambiental. Infelizmente, na legislação portuguesa este conceito não é definido¹, pelo que no documento divulgado pelo Governo se recorre à definição adoptada no Seminário

1 - A educação ambiental é referida como um dos princípios das políticas públicas ambientais na alínea d) do artigo 4º da Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 19/2014, de 14/04), com uma formulação pouco clara e imprecisa.

Internacional sobre Educação Ambiental de Belgrado de 1975². Parece-nos, contudo, ser preferível considerar a definição adoptada na Declaração de Tbilisi de 1977³, adoptada a nível intergovernamental, mais precisa e que julgo ser consensual: *A educação ambiental é um processo de aprendizagem para melhorar o conhecimento e a consciência das pessoas e dos grupos sociais sobre o ambiente e os desafios associados, desenvolver as competências e os conhecimentos necessários para enfrentar esses desafios, e promover atitudes, motivações e compromissos para tomar decisões informadas e adoptar ações responsáveis.* Assim, a educação ambiental visa incentivar as pessoas e as comunidades a compreender a complexidade do ambiente, quer natural quer modificado pelo homem – complexidade devida à interacção dos seus elementos biológicos, físicos, sociais, económicos e culturais – e adquirir os conhecimentos, valores, atitudes e competências necessárias para participar de forma responsável e eficaz na prevenção e na solução dos problemas ambientais e na gestão

2 - O Seminário Internacional sobre Educação Ambiental de Belgrado de 1975 foi uma reunião de peritos para discutir os objectivos da educação ambiental, realizada sob a égide da UNESCO.

3 - A Declaração de Tbilisi foi adoptada na primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental a nível mundial, organizada pela UNESCO em cooperação com o Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUA), que teve lugar em Tbilisi, Geórgia (então integrante da URSS), em outubro de 1977.

da qualidade do ambiente. São estabelecidas, assim, cinco categorias de objetivos de educação ambiental: consciencialização e conhecimento do ambiente globalmente e dos problemas associados, comportamentos, competências e participação.

Relativamente aos recursos hídricos é fundamental considerar na educação ambiental quatro vertentes:

- O valor da água para o desenvolvimento económico e social, nomeadamente o abastecimento doméstico e público, a indústria, a agricultura, em particular a rega, a produção de electricidade, incluindo a capacidade de armazenamento de energia⁴, a pesca e a aquacultura, a navegação e o lazer, e os impactos das captações de água nos fluxos do ciclo hidrológico e da rejeição de águas residuais na qualidade das massas de água. Associado aos usos da água surge o conceito de escassez da água e a competição entre os diferentes usos exigindo a gestão dos recursos hídricos.
- A protecção dos recursos hídricos para garantir a sustentabilidade dos usos da água, visando, nomeadamente, evitar a degradação e alcançar o bom estado das massas de água interiores, quer de superfície quer subterrâneas, costeiras e de transição, como definido na Lei da Água (Lei n.º 56/2005 de 29/12, na redacção actual que contempla as alterações introduzidas pela Lei n.º 42/2016, de 28/12, Decreto-Lei n.º 130/2012, de 22/06, Decreto-Lei n.º 60/2012, de 14/03, Decreto-Lei n.º 245/2009, de 22/09, e Rectificação n.º 11-A/2006, de 23/02).
- Os eventos extremos, nomeadamente cheias e inundações, e secas, agravados, com elevada probabilidade, pelas alterações climáticas.
- A dependência de Espanha em matéria de recursos hídricos, em quantidade, e em matéria de qualidade da água, na medida em que cerca de dois terços da área do território se encontra em segmentos de jusante de bacias hidrográficas partilhadas com o país vizinho.

4 - A capacidade de armazenamento de energia em aproveitamentos hidroeléctricos com albufeiras para armazenamento de água é imprescindível para viabilizar as fontes de energia renovável intermitentes, nomeadamente a energia eólica.

Um dos principais instrumentos de gestão da água é a taxa de recursos hídricos. Este instrumento deveria contribuir para uma maior consciencialização do valor da água e uma mudança de comportamentos e constituir uma oportunidade para a participação dos cidadãos na gestão da água. Ou seja, a taxa de recursos hídricos deveria ser encarada como um instrumento de educação ambiental. No entanto, a prática mostra que a taxa de recursos hídricos é, para a generalidade dos consumidores e utilizadores destes recursos, apenas mais um instrumento para a recolha indiferenciada de fundos para o Estado. Como se demonstrou noutra artigo⁵, o valor da taxa não tem correspondência com o uso dos recursos hídricos (incluindo a captação da água, a degradação da qualidade das águas e a ocupação das massas de água), penalizando, de forma quase exclusiva, os consumidores domésticos e excluindo os grandes sectores consumidores, como a agricultura e a produção de electricidade. Por outro lado, não é divulgada a forma como os montantes arrecadados com a taxa de recursos hídricos são aplicados para aumentar a eficiência do uso da água, para melhorar o estado das águas e dos ecossistemas associados e para cobrir os custos incorridos na gestão dos recursos hídricos objecto de utilização e protecção, como é estipulado pelo artigo 18º do Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11/06, defraudando a relação sinalagmática da taxa. Desta forma, as potencialidades da taxa de recursos hídricos enquanto instrumento de educação ambiental em prol dos recursos hídricos ficam prejudicadas.

Acresce que a extinção do Fundo de Protecção dos Recursos Hídricos, que visava contribuir para a utilização racional e para a protecção dos recursos hídricos, através da aplicação de parte dos recursos financeiros obtidos pela aplicação da taxa de recursos hídricos a projetos e investimentos necessários ao melhor uso destes recursos, e a afectação dos correspondentes valores da taxa de recursos hídricos ao Fundo Ambiental, só contribui para afastar a função de educação ambiental que deveria estar associada à taxa de recursos hídricos.

5 - *Vd. Henriques, A.G. 2016, "A (ir)racionalidade da taxa de recursos hídricos", Recursos Hídricos, Vol. 36, n.º 1, pp. 23-38.*



ct&i

(Ciência, Tecnologia e Inovação)

Previsão de precipitações extremas em regiões com escassez de dados hidrometeorológicos terrestres, com base em informação de satélite. Aplicação ao caso de Angola

Forecast of extreme rainfall in regions with a shortage of terrestrial hydrometeorological data, based on satellite information. Application to Angola

Eduardo SOUSA COSTA

Doutor em Engenharia Civil (IST)

RESUMO: O presente artigo propõe a utilização de métodos de previsão de precipitações intensas recorrendo à junção de registos terrestres e de estimativas de precipitação baseadas em medições em satélite, com vista à sua utilização em países com escassez de dados hidrometeorológicos.

Para muitas regiões, não existem registos terrestres de precipitação para durações inferiores à diária, havendo quando muito um ou dois locais com registos de duração horária. É o caso de Angola, onde apenas existem dados com duração horária e sub-horária em Luanda.

Por outro lado, desde o final do século XX, têm vindo a ser disponibilizados dados relativos a estimativas de precipitação com base em algoritmos aplicados a medições resultantes de sensores instalados em satélites (PERSIANN, GSMaP, CMORPH, TRMM). Destes dados, apenas a CMORPH disponibiliza estimativas para valores sub-horários (30min), sendo os dados da GSMaP relativos a durações de 1h, e os dados da PERSIANN e da TRMM relativos a durações de 3h.

Costa (2015), após a análise prévia dos 4 produtos de precipitação de satélite, propõe a utilização combinada das estimativas da TRMM, dos registos terrestres, e do método apresentado por Chen (1983), alterado para se ajustar aos dados de precipitação disponíveis. Os resultados obtidos validam a aplicação destes métodos num contexto de escassez de informação hidrometeorológica, permitindo obter intensidades de precipitação para várias durações e períodos de retorno.

Apresentam-se fórmulas expeditas para previsão de precipitações intensas em Angola.

Palavras-chave: Precipitações intensas; Precipitação Estimada Baseada em Satélite; Curvas IDF; Fórmulas Regionais; Angola.

ABSTRACT: *The present article proposes the use of methods of forecasting intense rainfall using the combination of terrestrial records and precipitation estimates based on satellite measurements, with a view to their use in countries with a lack of hydrometeorological data.*

For many regions, there are no terrestrial rainfall records for durations lower than the daily, with at most one or two locations with hourly and sub-hourly records. This is the case in Angola, where there is only data with hourly time in Luanda.

On the other hand, since the end of the 20th century, data on precipitation estimates have been made available based on algorithms applied to satellite measurements (PERSIANN, GSMaP, CMORPH, TRMM). Of these data, only CMORPH provides estimates for sub-hourly values (30min) - GSMaP has data for durations of 1h, and PERSIANN and TRMM for durations of 3h.

According to Costa (2015), and after the analysis of the four satellite precipitation products, it is proposed the combined use: of the TRMM estimates; of land records; and the method presented by Chen (1983), modified to fit the available precipitation data.

The results validate the application of these methods in a context of scarce hydrometeorological information, allowing obtaining precipitation intensities for several durations and return periods.

In the particular case of Angola, easy-to-use formulas to forecast rainfall intensities are presented and systematized.

Keywords: Maximum annual rainfall intensity; Satellite-derived Precipitation Estimates; IDF Curves; Regional Formulas; Angola.

1. INTRODUÇÃO

Em várias regiões do globo, devido quer à falta de condições económicas e técnicas quer a conflitos armados relacionados com guerras civis ou guerras entre estados, não foi dada prioridade à recolha de dados de precipitação nos respectivos territórios.

Em muitos casos, existem registos, embora escassos, relativos a períodos que abrangem algumas décadas de meados do século XX, decorrentes de investimentos efectuados em períodos de colonização.

Com o fim do processo de descolonização e posterior fim dos conflitos armados, algumas dessas regiões, quer devido a proveitos associados à exploração mineral ou a movimentos de capital oriundos de grupos económicos de poder global quer devido à indústria crescente do turismo, encontram-se sujeitas a muito fortes pressões urbanísticas, sem contudo disporem de estudos relativos a cheias, capazes de suportar o adequado ordenamento do território e a construção ou reconstrução de infra-estruturas.

Dada a inexistência de séries amostrais longas e com densidade territorial adequada, tornam-se pois necessários métodos científicos recentes e solidamente sustentados, que permitam estimar precipitações intensas.

As precipitações estimadas com recurso aos sensores de satélite têm sido utilizadas para obter valores médios mensais ou anuais relativos a recursos hídricos, mas são também uma fonte muito potente para o estudo de intensidades máximas de precipitação, que tem sido descurada. O estudo estatístico deste tipo de precipitações só por si, no entanto, não permite caracterizar adequadamente as intensidades de precipitação para todas as durações.

A análise de precipitações intensas pode no entanto ser melhorada procedendo, por um lado, à fusão das precipitações estimadas via satélite com as precipitações terrestres disponíveis, mediante análise dos *ratios* das precipitações relativas às durações de 24h e de 1h, e, por outro lado, à adaptação e alteração do método de Chen (1983) para descrever adequadamente o comportamento das precipitações que resultam da fusão já referida.

A análise dos extremos adoptada foi baseada no paradigma frequencista, tendo-se procedido ao ajustamento de modelos de distribuição de probabilidade às amostras consideradas aleatórias.

Angola é um país para o qual não se conhecem estudos aprofundados sobre as intensidades máximas de precipitação, existindo alguns estudos sumários para precipitações com duração diária, nomeadamente S.M.N. (1965) e Rocha Faria (1974), e relativamente às intensidades máximas para várias durações, o estudo de S.M.A. (1968).

Os métodos apresentados neste artigo foram desenvolvidos em Costa (2015) e são aplicados ao caso particular de Angola. Apesar disso, podem ser ajustados a qualquer outro país ou região onde as séries amostrais são de pequena dimensão e/ou onde os postos de medição são esparsos e com poucos registos.

2. ANÁLISE DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS ANUAIS DE REGISTOS EM POSTOS TERRESTRES

2.1. Selecção prévia dos postos de medição a considerar

Em muitas regiões, existem (ou existiram) postos de medição de precipitação em que a leitura era executada uma vez por dia, normalmente ao início da manhã. São portanto valores medidos em 24h mas relativos a registos diários.

Os valores máximos relativos a 24h seguidas não são necessariamente iguais aos valores máximos diários, mas com esses registos é possível proceder ao estudo da distribuição da precipitação máxima com duração de 24h. Com efeito, para se obter os valores de precipitação máxima com duração de 24h, é corrente afectar os valores diários com um coeficiente superior à unidade: $P_{24h} = C \cdot P_{dia}$. Adoptou-se o valor $C = 1.13$, tal como indicado em W.M.O. (2009) e em Hershfield e Wilson (1958).

Munidos do coeficiente C e da duração, podem converter-se todas as precipitações para intensidades de precipitação máxima com duração 24h (*Imáx24h*).

Foi o que se efectuou no caso de Angola. Nas publicações consultadas e relativas a

registos de precipitação, os valores máximos de precipitação em Angola dizem respeito a precipitações máximas ocorridas diariamente, com medições efectuadas às 9h locais.

Depois de obtidas as séries correspondentes a todos os postos de medição encontrados, procedeu-se à selecção das amostras, recorrendo a testes de aleatoriedade, eliminando as amostras consideradas não aleatórias.

Na **Figura 1** apresenta-se a distribuição dos postos que serviram de base para a caracterização da distribuição da precipitação com duração de 24h.

2.2 Aplicação de modelos de distribuição às amostras. Selecção e aplicação do modelo

Para caracterizar a intensidade máxima de precipitação pode recorrer-se a diversos modelos de distribuição de probabilidades.

E em cada região em estudo deve sempre verificar-se qual o melhor modelo que se ajusta às amostras disponíveis.

No caso de Angola, foi estudado o ajustamento a modelos baseados na distribuição assintótica de extremos - *generalizada de extremos (GEV*, do inglês *generalized extreme value*) e *extremos tipo 1* ou Gumbel (*EV1*, do inglês *extreme value type 1*

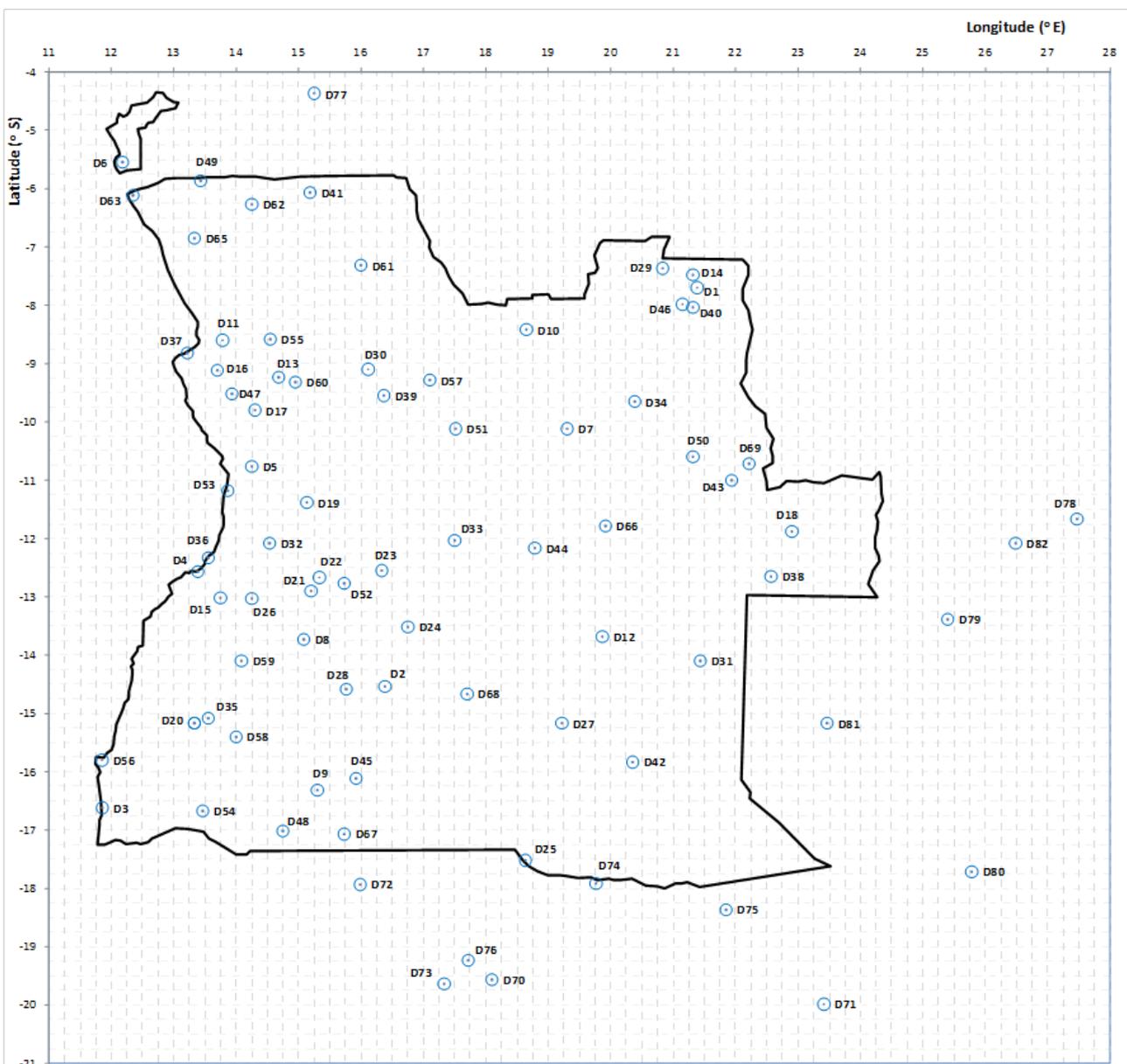


Figura 1. Disposição espacial dos postos correspondentes a Angola e a países limítrofes.

1) -, a modelos baseados na distribuição gama - (*P3*, *Pearson tipo 3*) e *gama de dois parâmetros* (*GM2*) -, e a modelos baseados na distribuição normal - *lognormal de 3 parâmetros* (*LN3*) e *lognormal de 2 parâmetros* (*LN2*).

Após proceder ao ajustamento das distribuições **EV1**, **GEV**, **LN2**, **LN3**, **GM2** e **P3** às séries amostrais seleccionadas, recorrendo a testes de adaptabilidade, concluiu-se que a distribuição **EV1**, com parâmetros dados pelo método dos momentos ponderados de probabilidade, assim como as distribuições **GEV** e **GM2** com parâmetros respectivamente dados pelo método dos momentos ponderados de probabilidade e pelo método dos momentos, poderão ser usadas nas previsões associadas a precipitações máximas com duração de 24h, em território angolano e região adjacente. No entanto, face à análise efectuada aos resultados obtidos, seleccionou-se a distribuição **EV1** como sendo a que melhor caracteriza a precipitação máxima com duração de 24h.

Na **Figura 2** apresenta-se o resultado de

algumas estimativas de intensidade máxima de precipitação com duração de 24h para a região de Angola, recorrendo à triangulação de Delaunay.

3. ANÁLISE DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS ANUAIS ESTIMADAS POR REGISTOS DE SATÉLITE

3.1 Introdução

A precipitação é a base da modelação hidrológica. A sua variação em termos espaciais e temporais é sobejamente conhecida, sendo que uma das mais importantes tarefas em hidrologia passa por obter dados que sejam fiáveis e caracterizadores dessa variabilidade.

Efectivamente, para se conseguir uma boa precisão na simulação de cheias num modelo hidrológico, é necessário ter como base uma medição precisa da precipitação. No entanto, não existe nenhum método de medição que forneça dados de precipitação bastante precisos sobre áreas extensas.

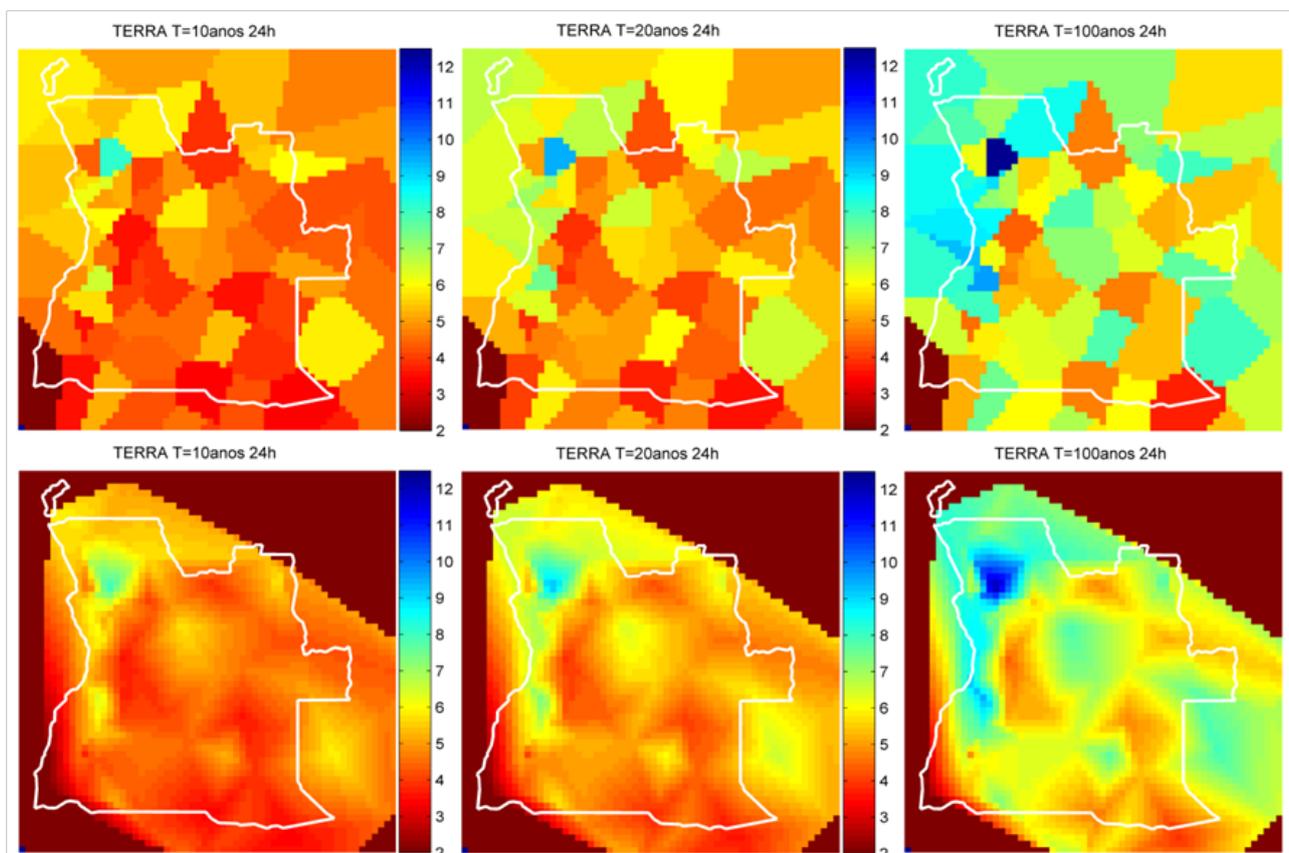


Figura 2. Previsões de $I_{máx}$ (mm/h) para a duração 24h e para os períodos de retorno $T=\{10, 20, 100\}$ anos, correspondentes à interpolação dos postos em terra (Angola e países circundantes). Em cima, o resultado da triangulação de Delaunay, com os polígonos de Thiessen; em baixo o resultado de interpolação linear.

Em termos genéricos, a rede de postos de medição em terra fornece a medição mais precisa (pontual) mas apenas em localizações discretas, que não representam os processos de variabilidade espacial da precipitação sobre domínios mais abrangentes, e em particular em terrenos mais complexos do ponto de vista orográfico.

Por exemplo, Tsindikis *et al.* (2002) e Chintalapudi *et al.* (2012) mostraram que, quando a rede de postos de medição pontual terrestre está esparsamente distribuída sobre uma bacia, não se consegue capturar a variabilidade espacial da precipitação que é necessária para a modelação hidrológica.

Em muitas aplicações práticas em hidrologia, os postos estão desigualmente distribuídos sobre as bacias hidrográficas, tornando-se necessário proceder a interpolação, para se conseguir uma razoável distribuição espacial da precipitação (Shariff *et al.* 2006, Curtis 2007, Sarann Ly *et al.* 2013). E, nesses casos, a precisão dos valores de precipitação em locais situados entre postos de medição depende apenas das técnicas de interpolação, podendo conduzir a estimativas muito pouco fiáveis.

Isto é especialmente importante nas regiões tropicais, onde a chuva tem uma origem convectiva e uma grande variabilidade espacial a nível diário.

Há que acrescentar que em muitas regiões do globo, incluindo os EUA, está a assistir-se, recentemente, ao desaparecimento de muitas estações de medição terrestres (Stokstad 1999), restando apenas os registos históricos dessas estações. Por exemplo, antes de 2004 existiam cerca de 18000 postos de medição diária de precipitação sobre os Estados Unidos, mas passaram a existir menos de 10000 desde 2004 (Chen *et al.* 2008). E na China, deixaram de funcionar os 700 postos udométricos que existiam até então (Xie *et al.* 2007). Claro que em Angola a situação é ainda pior, pois os registos pararam em 1974-1975.

A precipitação estimada com base em sensores instalados em satélite cobre grandes regiões a nível global, mas ainda não é a ideal: a medição por satélite traz consigo os seus próprios erros na estimacão de informacão relativa à precipitacão, uma vez que as observacões são frequentemente influenciadas por factores

atmosféricos e topográficos e outros factores técnicos.

Por outro lado, avanços recentes e o desenvolvimento da tecnologia têm levado a melhorias significativas nos produtos de estimacão de precipitacão por satélite.

Uma vez que cada um dos produtos de precipitacão (postos de medição pontual terrestre e satélite) tem as suas vantagens e deficiências, é possível combinar diferentes tipos de estimativas de precipitacão com o propósito de obter dados com maior precisão. Em Angola, foi instalada uma rede de postos de medição, e alguns funcionaram durante dezenas de anos, tendo sido no entanto abandonados ou destruídos, na sequência do processo de independência e de guerra civil (após 1974). Neste momento, na prática, não existe qualquer infra-estrutura de medição de precipitacão.

E os produtos de satélite trazem consigo a consistência que os produtos em terra dificilmente fornecem, permitindo caracterizar áreas inabitadas e/ou sem infra-estruturas de medição de precipitacão, tal como em Angola. Os produtos de estimacão de precipitacão por satélite que foram analisados foram os seguintes: PERSIANN, GSMaP v5.0, CMORPH v1.0 e TRMM 3B42 v7.0.

Relembrando os resultados obtidos no ajustamento às séries amostrais terrestres, estudou-se o ajustamento apenas às distribuicões EV1, GEV e GM2.

3.2. Análise das séries amostrais dos produtos de satélite

Procedeu-se à aplicacão de testes de aleatoriedade a todas as séries de precipitacão máxima anual de cada um dos produtos de satélite, tendo também sido analisada a adaptabilidade dos modelos de distribuicão a cada um dos produtos.

Tudo somado, constatou-se que são a CMORPH (nas séries amostrais que se consideraram e relativas às duraçoes de 0.5h, 1h, 1.5h, 2h, 2.5h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h, 21h e 24h) e a TRMM (nas séries amostrais relativas às duraçoes de 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h, 21h e 24h) que revelam em média melhor comportamento em termos dos indicadores analisados. Curiosamente, no entanto, observou-se que as previsões de intensidade de precipitacão com base na

CMORPH para durações mais curtas (0.5h) são pouco maiores do que as que se obtêm com base na TRMM para durações de 3h; isto apesar de as previsões para a duração de 24h serem da mesma ordem de grandeza.

E, relativamente aos modelos de distribuição, verificou-se que a distribuição EV1 é a que, em geral, melhor se adapta às séries amostrais de todos os produtos, pelo que este modelo foi selecionado para se obter os valores de intensidade de precipitação para as várias durações e períodos de retorno.

3.3. Ratios para as precipitações de satélite

É importante calcular os ratios entre a precipitação máxima para uma dada duração inferior a 24h e a precipitação máxima relativa a 24h de duração, para se ter a noção de como varia a precipitação máxima com a duração da chuvada.

Costa (2015) efectuou os cálculos necessários para a CMORPH e para a TRMM.

Comparando os resultados da CMORPH com algumas estimativas que se fizeram para Luanda, baseadas em dados de medição terrestre do Observatório João Capelo, constatou-se, no primeiro impacto, que os valores dos ratios P1h/P24h e P2h/P24h são substancialmente inferiores aos valores terrestres registados em Luanda (onde se tem P1h/24h=0.60 e P2h/24h=0.84). Os valores são também muito inferiores aos que constam dos estudos de Mohymont et al. (2004), relativo a Kinshaza-Binza (P1h/P24h=0.52), e de De Vyver, H.V. e Demarée, G.R. (2010), relativo a Lubumbashi (P1h/P24h=0.512 e P2h/24h=0.609). Por outro lado, comparando simultaneamente os resultados relativos à CMORPH e à TRMM, é notório, conforme esperado, que os ratios mantêm bastante regularidade para os vários períodos de retorno, notando-se no entanto que a largura da mancha das linhas de ratios tem uma tendência ligeira para aumentar à medida que aumenta o período de retorno. Nota-se, por outro lado, que as linhas revelam visualmente uma forma que sugere equações do tipo $R(d) = (d/24)^c$, onde $R(d)$ é o ratio da precipitação, d é a duração (em h) de uma precipitação qualquer e c é um valor característico de cada linha.

Também se notou que, no período comum à CMORPH e à TRMM, existem diferenças entre as linhas de ratios, sendo que as manchas relativas às linhas de ratios da TRMM estão puxadas para cima, em relação às da CMORPH, ou seja, em

média, os ratios da TRMM são superiores aos da CMORPH, para durações até cerca das 12h.

Para melhor comparar a CMORPH, a TRMM e os postos terrestres, estimaram-se os valores dos ratios P1h/P24h e P2h/P24h para a TRMM, para os períodos de retorno $T=\{5, 10, 20, 50, 100\}$ anos. Para o efeito, ajustou-se às durações 3h a 24h uma equação do tipo potencial, uma vez que este tipo de equação ajusta-se bastante bem a séries de precipitações que não envolvam durações inferiores a 1h.

Por extrapolação, aplicando as curvas potenciais para 1h, obtiveram-se os valores de $I_{m\acute{a}x}(1h)$ e os ratios P1h/P24h para vários períodos de retorno. Na **Figura 3** apresenta-se o resultado da extrapolação para $T=\{10, 20, 100\}$ anos.

Fazendo seguidamente a comparação entre a totalidade dos ratios relativos à TRMM e à CMORPH, com os dados relativos a postos terrestres (Observatório João Capelo em Luanda, e Kinshaza-Binza no Congo-Brazaville), verificou-se que:

- os valores dos ratios da CMORPH são muito inferiores aos dos postos terrestres de Luanda e Kinshaza-Binza;
- os valores dos ratios da TRMM, para durações maiores ou iguais a 1h, apresentam-se como compatíveis (da mesma ordem de grandeza) com os ratios das precipitações registadas em terra, podendo constituir-se aproximadamente como sequência lógica destes;
- e, finalmente, que os ratios da TRMM para os períodos de retorno de 10 e de 100 anos são da mesma ordem de grandeza.

Em face da análise efectuada, optou-se por prosseguir apenas com as séries de valores máximos de precipitação da TRMM, correspondentes às várias durações.

Porque os ratios da TRMM são da mesma ordem de grandeza para qualquer período de T , no sentido da sua standardização espacial tomou-se, em cada ponto, o valor médio dos ratios correspondente aos períodos de retorno $T=10$ e $T=100$ anos.

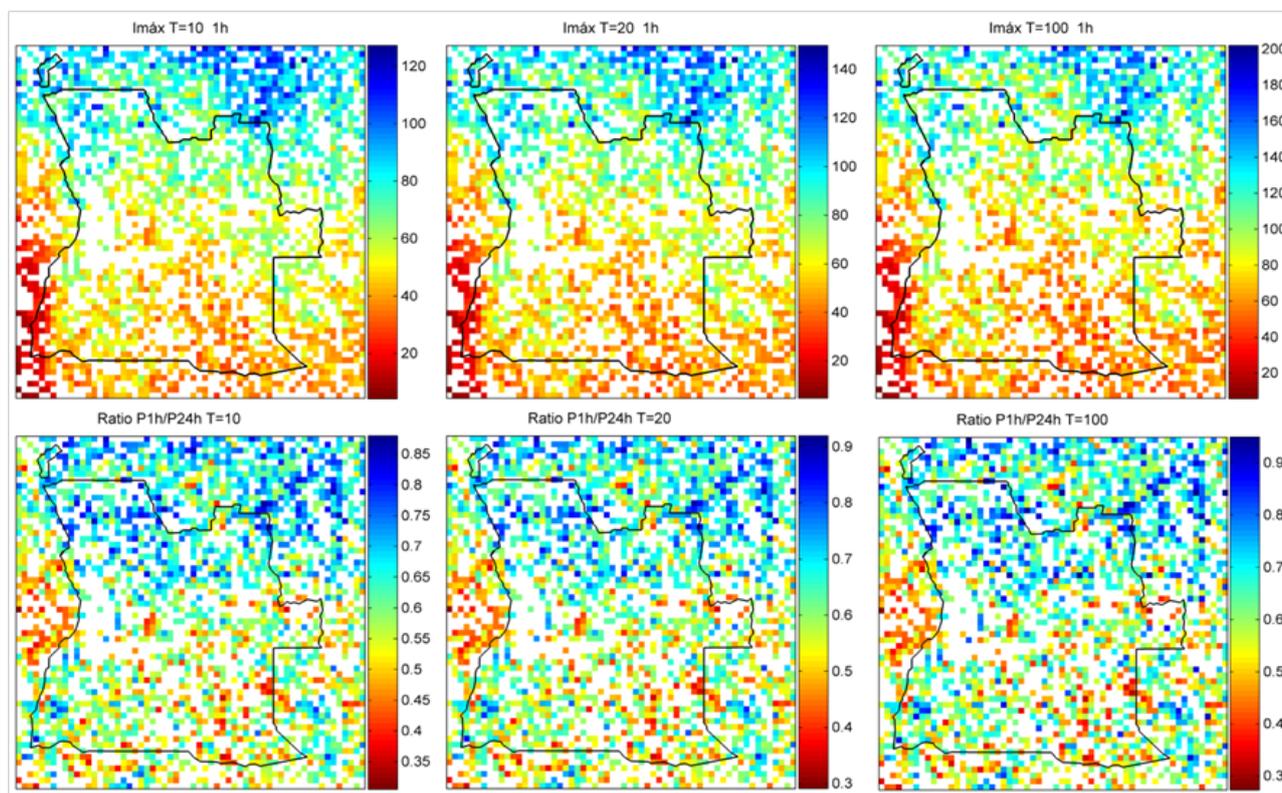


Figura 3. Valores estimados de $I_{m\acute{a}x}$ (mm/h) com duração de 1h, e dos consequentes ratios P1h/P24h, correspondentes aos períodos de retorno $T=\{10, 20, 100\}$ anos, para a TRMM 3B42v.7.

4. ANÁLISE CONJUNTA DAS INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITAÇÃO REGISTRADAS EM POSTOS TERRESTRES E DAS DERIVADAS DE REGISTOS DE SATÉLITE

4.1. Ratios sub-horários

Têm sido apresentados por diversos autores valores dos ratios de precipitações máximas sub-horárias, para vários locais do globo.

Por exemplo, para os EUA, Hershfield (1961) apresenta valores na publicação Technical Paper nº 40 (TP40) de onde se podem derivar os ratios que se apresentam no **Quadro 1** (faz-se notar que os resultados da TP40 tiveram por base a análise de séries parciais.

E do método de Bell (1969), referido por Chen (1983) e por Manley (1992), podem extrair-se os ratios que se apresentam no **Quadro 2**.

Fez-se uma análise mais cuidada recorrendo a dados de Luanda e em locais mais próximos de Angola, nomeadamente Kinshaza-Binza, Kinshaza-Ddjili e Yangambi, com valores extraídos de Mohymont *et al* (2004) e Lubumbashi, com valores extraídos de De Vyver e Demarée (2010), acrescentando-se

Quadro 1. Ratios Médios entre Precipitações com Durações Sub-horárias e a Precipitação de 60min, para o mesmo Período de Retorno, extraídos da TP40 e relativos aos EUA.

Duração (min)	P_i/P_{60}	I_i/I_{60}
5	0.292	3.510
10	0.450	2.700
15	0.569	2.276
30	0.790	1.580
60	1.000	1.000

Quadro 2. Ratios entre Precipitações com várias durações e a Precipitação de 60min, para o mesmo Período de Retorno, extraídos do método de Bell.

Duração (min)	P_i/P_{60}	I_i/I_{60}
5	0.307	3.679
10	0.459	2.754
15	0.561	2.244
30	0.762	1.523
60	1.000	1.000

ainda locais que dizem respeito a zonas do globo mais próximas do equador e em latitudes semelhantes à latitude de Angola (Brasil e Venezuela) (Quadro 3).

Quadro 3. Comparação entre os ratios entre Precipitações com várias durações e a Precipitação de 60min, para vários locais.

Duração (min)	K-Binza	K-Djili	Yangambi	Lubumbashi	Brasil ⁽¹⁾	Venezuela ⁽²⁾	Luanda
5	0.243	0.254	0.195	-	0.246	0.249	0.230
10	0.410	0.420	0.348	-	0.422	0.402	0.380
15	0.533	0.541	0.470	0.559	0.538	0.512	0.490
30	0.767	0.769	0.726	0.785	0.757	0.735	0.750
40	0.866	0.865	0.841	-	0.855	0.840	0.850
60	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

(1) Segundo DAE/CETESB (1979) e Silveira (2000), relativos a todo o Brasil;

(2) Segundo Guevara e Márquez (2008).

Face aos valores apresentados no **Quadro 3**, adoptaram-se como ratios sub-horários caracterizadores da região de Angola, as médias dos valores dos ratios sub-horários entre Kinshaza-Binza e Kinshaza-Djili (postos localizados mais perto de Luanda) e Luanda.

4.2. Ratios sub-diários relativos a durações superiores ou iguais a 1h

Para estabelecer estes ratios, fez-se uma análise semelhante à descrita em Chen (1976 e 1983). Considerando o produto TRMM, no território de Angola e países circundantes, os ratios entre as precipitações com durações de 1h e de 24h variam entre o mínimo de cerca de 30% (29.9%) e o máximo de cerca de 90% (91.5%).

Acrescentamos que, por análise dos resultados, o ratio médio é de cerca de 60% (61.6%).

Se tomarmos como referência para os ratios não a precipitação em 24h mas sim a precipitação em 1h, obtemos o conjunto de linhas de ratios supra-horários que constam na **Figura 4**.

Hershfield (1961), na TP40, mais tarde reafirmado por Chen, sugere que, numa figura cuja escala do eixo das durações foi construída de forma empírica, é possível colocar os valores de precipitação para as durações de 1h e de 24h, e ligá-las por uma recta, obtendo os valores de precipitação para qualquer duração entre as duas durações mencionadas. Segundo Hershfield, tal figura empírica foi construída com base em registos de 200 estações de medição de precipitação.

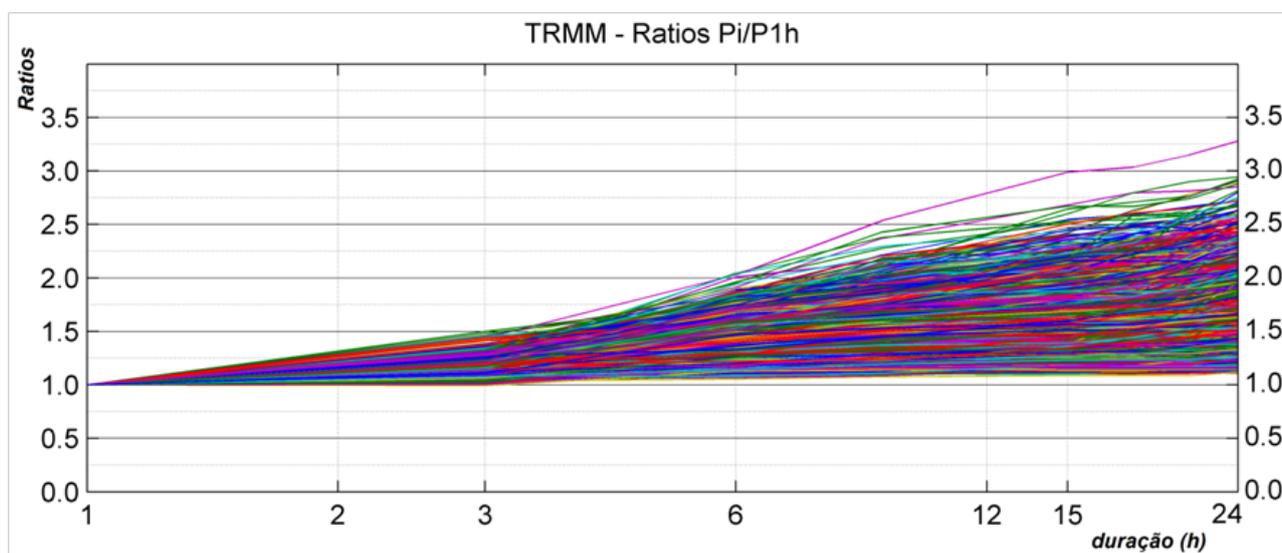


Figura 4. Linhas de ratios médios P_i/P_{1h} para as durações de 1h a 24h, com escala logarítmica nas durações.

De forma semelhante, adoptou-se a figura mencionada na TP40, colocando-se sobre a mesma os valores da envolvente que constam na **Figura 4**, onde os ratios P24h/P1h máximo e mínimo são, respectivamente, 3.34 e 1.09. A figura adaptada (**Figura 5**) contém também os valores dos limites máximos e mínimos, bem como os valores médios dos ratios, tanto para os E.U.A como para Angola e países circundantes. Note-se que os valores do eixo das ordenadas, embora sejam valores de precipitação, referem-se concretamente a valores de precipitação P (em mm) com determinada duração d (em h), por cada 1mm de precipitação com duração de 1h.

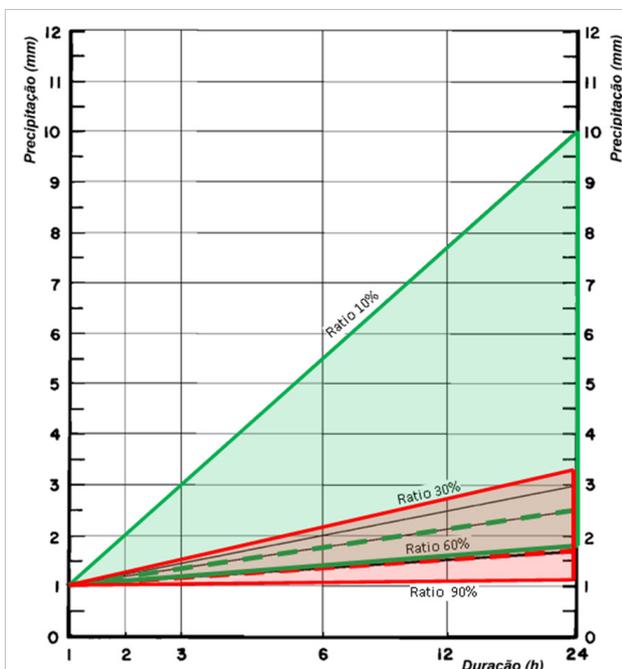


Figura 5. Linhas de ratios médios P_i/P_{1h} , segundo a TP40 e Chen (1976 e 1983).

(A verde) as linhas contínuas representam os limites superior (10%) e inferior (60%) dos ratios e a linha descontínua o valor médio (40%) dos mesmos ratios referidos por Chen para a TP40.

(A vermelho) as linhas representam, de forma semelhante, os ratios calculados no presente estudo para Angola e zonas adjacentes (respectivamente 30%, 90% e 60%).

Nota: os ratios da Figura referem-se a ratios P_{1h}/P_{24h} .

E verificou-se que, pese embora a gama de valores de ratios seja bastante distinta da que é referenciada para os E.U.A., quer por Hershfield (1961), na TP40, quer por

Chen (1976 e 1983), na verdade os valores determinados por Costa (2015) acabam por se encaixar muito satisfatoriamente na escala empírica das durações. Com efeito, os valores são praticamente coincidentes, o que sugere a universalidade da **Figura 5**.

A **Figura 5** revela-se de grande utilidade para obter uma primeira estimativa, para qualquer local em Angola, das precipitações de várias durações correspondentes a um determinado período de retorno, conhecidas que sejam as precipitações com duração de 24h e de 1h para o mesmo período de retorno.

4.3. Método de Chen.

Chen (1976 e 1983) apresentou uma extensão ao método de Bell (1969) que permite estimar intensidade de precipitação desde durações sub-horárias até à duração de 24h.

Tendo obtido os valores da intensidade de precipitação correspondentes às várias durações, para cada um dos *ratios* analisados, e tendo verificado que (também para os E.U.A), o quociente entre duas precipitações (ou intensidades de precipitação) de durações diferentes podia ser considerado independente do período de retorno, Chen considerou que a relação entre a intensidade e a duração que é praticamente independente do período de retorno pode ser descrita como:

O mesmo é dizer:

$$\frac{I_t^T}{I_{1h}^T} = \frac{a_1}{(t + c_1)^{b_1}} \quad (1)$$

$$I_t^T = \frac{a_1 \cdot I_{1h}^T}{(t + c_1)^{b_1}} \quad (2)$$

Ou seja, já que $I_t^T = a / (t + c)^b$, tem-se:

$$a = a_1 \cdot I_{1h}^T; b = b_1; c = c_1. \quad (3)$$

No método original de Chen, as precipitações consideradas (designadas de âncoras em Costa 2015) foram P_{1h}^{10} e P_{1h}^{100} , para além dos

ratios P_{1h}^T / P_{24h}^T , considerados independentes do período de retorno T , usados na definição das curvas estandardizadas de precipitação $I(t) = I_t^T / I_{1h}^T = \frac{a_1}{(t + c_1)^{b_1}}$.

Como se apresenta mais à frente neste artigo, a incorporação das precipitações com duração de 3h revelou ser o mais adequado face às estimativas de precipitação resultantes de sensores instalados em satélite que foram adoptadas (TRMM). Por esse motivo, optou-se por considerar as âncoras P_{1h}^{10} , P_{3h}^{10} e P_{3h}^{100} , e adicionalmente os ratios P_{1h}^T / P_{24h}^T .

A expressão para o método de Chen, alterada, resultou pois:

$$I_t^T = \frac{a_1 \cdot I_{1h}^{10} \cdot \log \left\{ 10^{2-z} \cdot \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^{-(z-1)} \right\}}{(t + c_1)^{b_1}} \quad (4)$$

onde $z = P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10}$.

As curvas estandardizadas $I(t) = I_t^T / I_{1h}^T = \frac{a_1}{(t + c_1)^{b_1}}$ que dependem da região de análise, foram definidas para a região de Angola, de acordo com os ratios P_{1h}^T / P_{24h}^T calculados para toda a região, conforme se apresenta na **Figura 6**. Os ratios correspondem às médias dos valores dos ratios entre os períodos de retorno de 10 e de 100 anos.

Procedeu-se seguidamente ao ajustamento de uma função não linear, sendo os valores dos parâmetros a_1 , b_1 e c_1 calculados mediante programação em *Matlab*, utilizando algoritmos de regressão não linear.

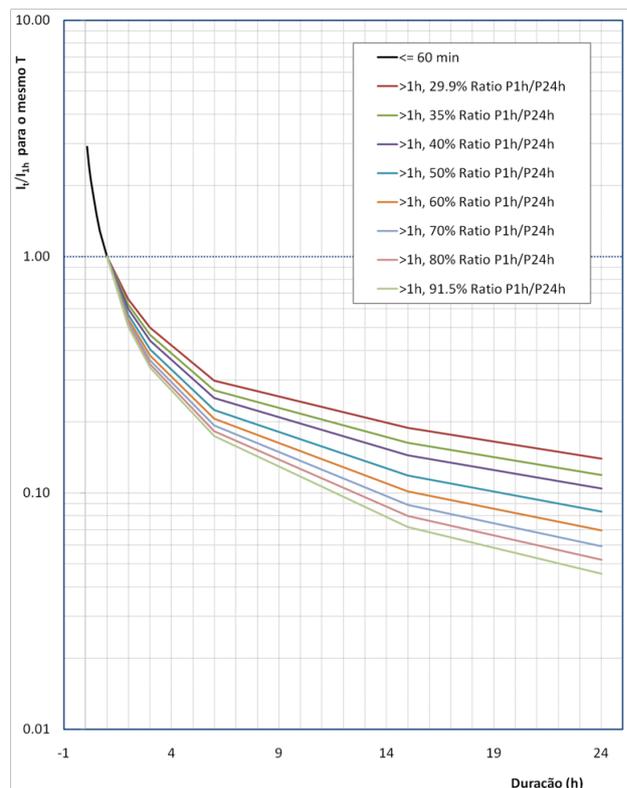


Figura 6. Curvas estandardizadas para várias durações.

Os resultados são apresentados no **Quadro 4**, em termos numéricos. Na **Figura 7** são apresentados graficamente os mesmos valores. O coeficiente de determinação R^2 , resultado da regressão não linear do cálculo dos valores de a_1 , b_1 e c_1 , situou-se acima de 0.99.

Apenas como esclarecimento para os técnicos e investigadores portugueses, cujo hábito de há décadas os condiciona a usar expressões do tipo $I = \alpha \cdot t^\beta$, surgirá talvez uma questão imediata sobre o parâmetro b_1 ; para muitos casos, assume valores superiores a 1.

Quadro 4. Valores dos Parâmetros, e das Curvas Estandarizadas, com t em minutos, para vários ratios P1h/P24h.

Parâmetros	Ratios P1h/P24h							
	29.9%	35.0%	40.0%	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%	91.5%
a_1	22.312	28.891	36.101	52.089	69.941	88.795	108.060	130.300
b_1	0.7214	0.7801	0.8297	0.9097	0.9727	1.0230	1.0639	1.1026
c_1	11.805	13.989	15.877	18.993	21.496	23.522	25.188	26.774

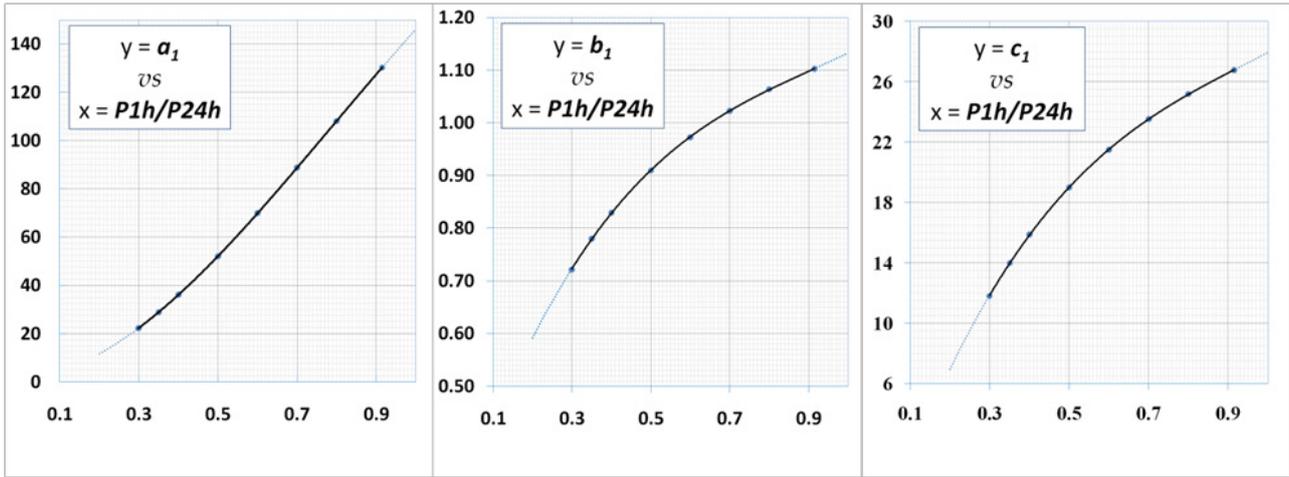


Figura 7. Curvas dos parâmetros a_1 , b_1 e c_1 em função dos ratios $P1h/P24h$.

Mas tal é perfeitamente natural, e é consequência da utilização de expressões do tipo $I = \frac{a}{(t+c)^b}$ e não de expressões do tipo $I = \alpha.t^\beta$. No **Quadro 5** exibem-se os valores do parâmetro β para os mesmos ratios do **Quadro 4**, ajustando uma equação do tipo $I = \alpha.t^\beta$ às curvas estandardizadas.

Uma vez que a expressão da variação dos parâmetros com o ratio = $P1h/P24h$ é muito útil na forma de equação, procedeu-se a regressões polinomiais do 3º grau, cujas equações são as seguintes:

$$a_1 = 1.396 + 7.703x + 238.147x^2 - 101.236x^3 \quad (4)$$

$$b_1 = 0.225 + 2.215x - 2.067x^2 + 0.760x^3 \quad (5)$$

$$c_1 = -6.325 + 79.328x - 69.556x^2 + 24.489x^3 \quad (6)$$

Neste caso, o coeficiente de determinação R^2 tem valores acima de 0.99.

Dada a semelhança das curvas relativas aos valores de b_1 e c_1 , estabeleceu-se uma relação polinomial entre ambos; tal foi possível, podendo os valores de c_1 ser calculados em função dos valores de b_1 , mediante uma regressão linear do 1º grau:

$$c_1 = 39.329 b_1 - 16.689; \text{ com } R^2 \text{ acima de } 0.99. \quad (7)$$

A relação linear é muito boa e pode ser utilizada na maioria dos casos. Esta relação *quasi-linear* entre os parâmetros b_1 e c_1 indica que a sua distribuição espacial relativa será muito semelhante, apenas se notando a diferença nas escalas respectivas.

Por definição, os ratios médios $P1h/P24h$ adoptados são independentes do período de retorno T e são característicos de cada ponto Q do território, definido por $Q(lat., long.)$. Como se recorreu aos ratios médios para a determinação dos parâmetros a_1 , b_1 e c_1 isso significa que, para o mesmo ponto do território, os valores de a_1 , b_1 e c_1 das curvas estandardizadas são também uma característica de cada ponto Q , e independentes de T .

Quadro 5. Valor do Parâmetro se, nas Curvas Estandarizadas se optasse por expressões do tipo $I = \alpha.t^\beta$, para vários ratios $P1h/P24h$

Parâmetros	Ratios $P1h/P24h$							
	29.9%	35.0%	40.0%	50.0%	60.0%	70.0%	80.0%	91.5%
β	0.566	0.597	0.623	0.665	0.699	0.725	0.749	0.772

Esta característica tem como consequência que a distribuição espacial de b_1 seja igual para qualquer valor de T , e semelhantemente o mesmo aconteça com os parâmetros a_1 e c_1 . Note-se, no entanto, que a estandardização, ao assentar nos parâmetros a_1 , $b = b_1$ e $c = c_1$, implica que o valor final do parâmetro a - que depende de a_1 e também de T - varia com T .

5. CÁLCULO DE CURVAS IDF

5.1. Considerações prévias

Para se poderem determinar equações correspondentes às curvas IDF serão necessárias, de acordo com as alterações que se fizeram ao método de Chen, algumas distribuições espaciais da precipitação (com durações de 1h, de 3h e de 24h) para períodos de retorno de 10 e 100anos.

Estas distribuições espaciais (matrizes de valores), apelidadas de âncoras, servem exactamente de ancoragem no cálculo das precipitações para qualquer duração ou período de retorno.

Analysaram-se conjuntamente as distribuições espaciais de precipitações máximas com duração de 24h, para os períodos de retorno de 10 e de 100 anos, correspondentes aos postos terrestres e à TRMM.

Dessa análise concluiu-se que os valores correspondentes aos dois produtos são muito semelhantes, quer devido à escala de valores quer devido à semelhança entre as duas distribuições espaciais das precipitações máximas.

Para uma completa interpretação dos dois resultados não podemos no entanto deixar de recordar o seguinte:

1. Os dois resultados foram estimados a partir de amostras de dimensão diferente: variável pontualmente, no caso dos postos terrestres, de 8 a 49 (em território angolano) e de 8 a 37 (em países circundantes de Angola); e igual a 16 para todos os pontos do quadrado, no caso da TRMM.
2. Mais importante ainda é o facto de as amostras dizerem respeito a períodos de tempo diferentes, com um intervalo de cerca de 25 anos entre o último registo

dos postos terrestres e o primeiro registo da TRMM.

Qualquer dos dois resultados é, no entanto, de utilidade elevada na caracterização das precipitações máximas na zona em estudo. Por esse motivo, optou-se pela junção dos dois resultados num só, que incorpora os máximos entre as duas em períodos comuns, e que adopta os valores estimados para a TRMM onde não foi possível proceder a interpolação linear dos valores registados nos postos terrestres.

Com o ajustamento do modelo EV1 às séries amostrais da TRMM obtiveram-se também as intensidades máximas de precipitação com durações de 3h e de 1h.

Tendo no entanto em vista o uso das precipitações com duração de 24h adoptadas atrás, não podemos olvidar o facto de que parte do leque dessas precipitações corresponde a previsões resultantes de postos terrestres, enquanto as previsões com duração de 1h e de 3h resultam tão-somente da TRMM.

Houve pois necessidade de proceder à correcção das precipitações com durações de 1h e de 3h, recorrendo aos ratios P1h/P24h e P3h/P24h da TRMM.

Esses ratios foram multiplicados pelas precipitações de duração 24h da matriz-junção, obtendo-se dessa forma as precipitações máximas ajustadas, com durações de 1h e de 3h.

5.2. Curvas IDF para qualquer local em Angola

Como resultado directo da aplicação da alteração ao método de Chen, resultam as curvas IDF para qualquer local.

Em primeiro lugar, retoma-se a equação base do método. Como se viu, a equação geral pode ser expressa na forma

$$I_t^T = f_1(t) \cdot g_1(T) \cdot I_{60}^{10} \quad (7)$$

onde:

$$f_1(t) = \frac{a_1}{(t+c)^b} \quad (8)$$

$$e \quad g_1(T) = A(z) \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^{-1} + B(z) \quad (9)$$

$$\text{sendo: } A(z) = \frac{z-1}{\ln(10)} \quad (10)$$

$$\text{e: } B(z) = (2-z) \quad (11)$$

A variável z é dada pela expressão $z = P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10}$.

Os procedimentos para a obtenção de I_t^T resumem-se no seguinte:

- 1) Leitura da variável $z = P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10}$ no gráfico da **Figura 8**;
- 2) Cálculo de $A(z)$ e $B(z)$ e definição de $g_1(T)$;
- 3) Leitura do valor $I_{60}^{10} = P_{60}^{10}$ no gráfico da **Figura 9**;
- 4) Leitura do valor a_1 no gráfico da **Figura 10**;
- 5) Leitura do valor b no gráfico da **Figura 11**;
- 6) Cálculo do valor $c = 39.329 b - 16.689$;
- 7) Substituição dos valores a_1 , b e c para definir $f_1(t)$;
- 8) E, finalmente, multiplicar os 3 termos para obter $I_t^T = f_1(t) \cdot g_1(T) \cdot I_{60}^{10}$

Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 apresentam-se os gráficos com isolinhas relativas, respectivamente, a $z = P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10}$, $I_{60}^{10} = P_{60}^{10}$, a_1 e b .

Todos os procedimentos que se efectuaram relativamente a Angola podem ser facilmente utilizados em outras regiões, obtendo-se dessa forma curvas IDF adaptadas às regiões estudadas.

BIBLIOGRAFIA

Bell, F.C. (1969). Generalized rainfall depth-duration-frequency relationships, *J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng.*, 95(1), 331-327.

Chen, C.I. (1976). Urban Storm Runoff Inlet Hydrograph Study Volume 4, Synthetic Storms for Design of Urban Highway Drainage Facilities. *Reports*. Paper 561.

Chen, C.I. (1983). Rainfall intensity-duration-frequency formulas. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(12): 1603-1621.

Chen, M. *et al.* (2008). Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global

daily precipitation. *J. Geophys. Res.*, 113, D04110.

Chintalapudi, S. *et al.* (2012). Physically-based, hydrologic model results based on three precipitation products. *J. Am. Water Resour. Assoc.* JAWRA 2012, 48, 1191-1203.

Costa, E.S. (2015). *Análise de Precipitações Intensas e de Caudais Extremos em Países com Economias Emergentes de Rápido Desenvolvimento. Aplicação a Angola*. Tese de Doutoramento. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

Curtis, S.; Crawford, T.W. e Lecce, S.A. (2007). A comparison of TRMM to other basin-scale estimates of rainfall during the 1999 Hurricane Floyd flood. *Nat. Hazards* 2007, 43, 187-198.

De Vyver, H. V. e Demarée G. R. (2010), Construction of Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves for precipitation at Lubumbashi, Congo, under the hypothesis of inadequate data, *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, 55(4), pp 555-564.

Hershfield, D. M. e Wilson, W. T. (1958). Generalizing of Rainfall-Intensity-Frequency Data. *IAHS Publication N° 43*, pp 499-506, Toronto (Ontario).

Hershfield, D. M. (1961). Rainfall frequency atlas of the U.S. for duration from 30 minutes to 24 hours and return periods from 1-100 years. *Tech. Paper No. 40*, 61 p. Weather Bureau, U.S. Dept. of Commerce.

Manley, R. E. (1992). Bell's Formula – A Reappraisal. *VIII^e journées hydrologiques*, Orstom, Septembre 1992.

Mohyont, B., Demarée, G. R. e Faka, D. N. (2004). Establishment of IDF-curves for precipitation in the tropical area of Central Africa – comparison of techniques and results. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4, pp. 375-387.

Rocha Faria, J. M. da (1974). Análise da frequência dos maiores valores anuais da quantidade de precipitação diária em alguns locais do Ultramar, in *Colectânea de estudos hidrológicos*, Direcção-Geral de Obras Públicas e Comunicações, introdução José Luiz Abecasis. Lisboa, Grupo de Trabalho para o Decénio Hidrológico Internacional, p. 359-392.

- S.M.A.- Serviços Meteorológicos de Angola (1968). Chuvadas críticas observadas no território de Angola, Memória 39, in *Memórias* Vol. 4, Luanda.
- S.M.N.- Serviço Meteorológico Nacional (1965). Normais Climatológicas dos Territórios do Ultramar, correspondentes a 1931-1960, *O Clima de Portugal*, fascículo XIV, elaborado sob direcção de H. Amorim Ferreira, Lisboa.
- Sarann Ly, Catherine Charles e Aurore Degré (2013). Different methods for spatial interpolation of rainfall data for operational hydrology and hydrological modeling at watershed scale: a review, *Base [En ligne]*, Volume 17, número 2.
- Sharif, H.O. *et al.* (2006). The use of an automated now-casting system to forecast flash floods in an urban watershed. *J. Hydrometeorol.*, 7, 190–202.
- Stokstad, E. (1999). Scarcity of rain, stream gages threatens forecasts. *Science* 20 August 1999: Vol. 285 no. 5431 pp. 1199-1200.
- Tsintikidis, D. *et al.* (2002). Precipitation uncertainty and rain gauge network design within Folsom Lake watershed. *J. Hydrol. Eng.*, 7, 175–184.
- W.M.O.- World Meteorological Organization (2009). Guide to Hydrological Practices, Vol. II – *Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices*, WMO n.º 168, 6th Ed.
- Xie, P. *et al.* (2007). A gauge-based analysis of daily precipitation over East Asia. *J. Hydrometeorol.*, 8, 607–626.

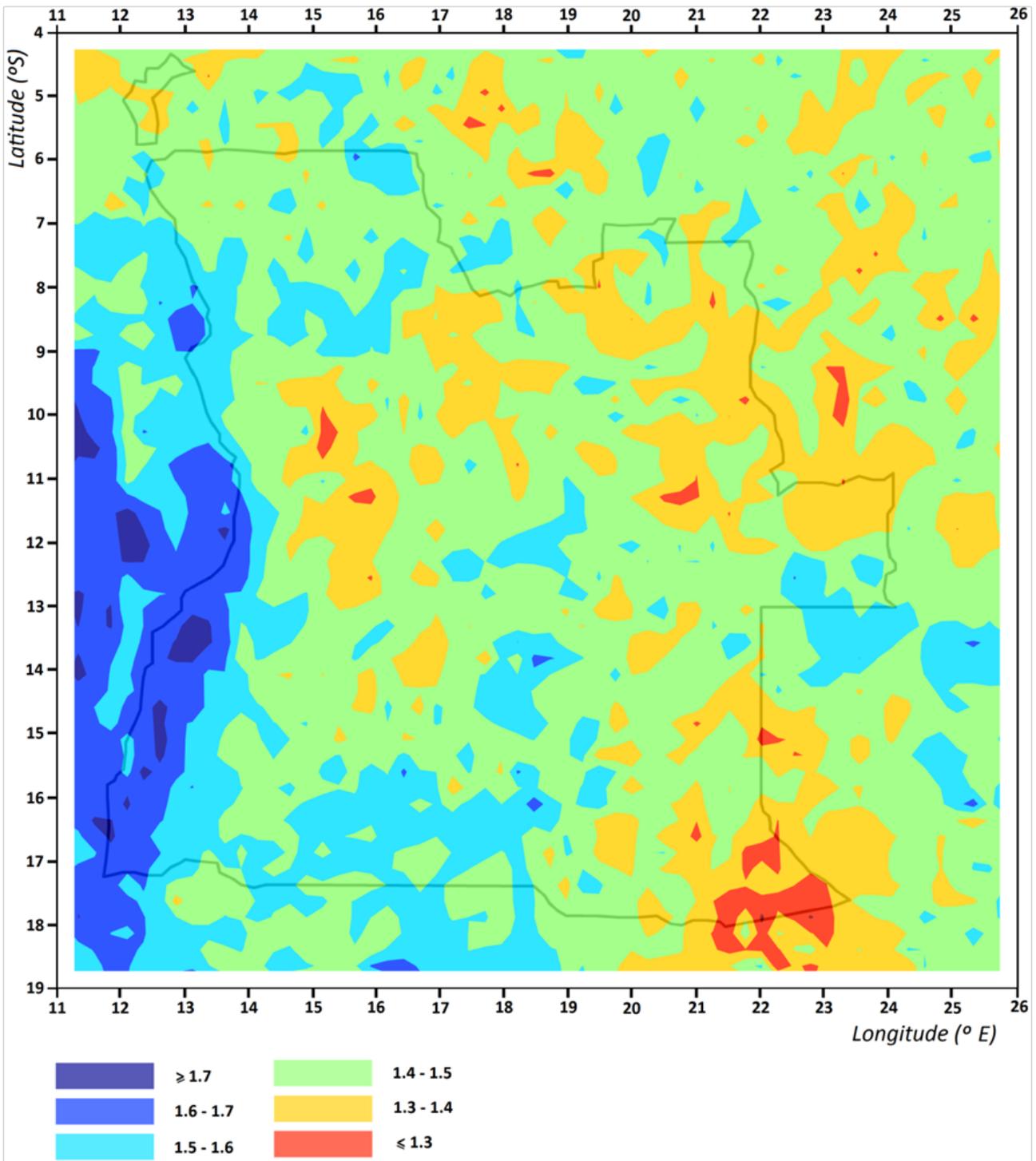


Figura 8. Representação gráfica da variação do quociente $P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10}$.

Nota: para os casos em que não é possível interpolar, por não existirem valores superiores (ou inferiores) pode assumir-se, por aproximação, que existem valores centrais iguais ao valor da mancha em análise adicionados (ou subtraídos) de metade do intervalo imediatamente adjacente. Por exemplo, para as maiores manchas $P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10} \geq 1.7$ ou $P_{3h}^{100} / P_{3h}^{10} \leq 1.3$, pode assumir-se um valor central de 1.75 e 1.25, respectivamente.

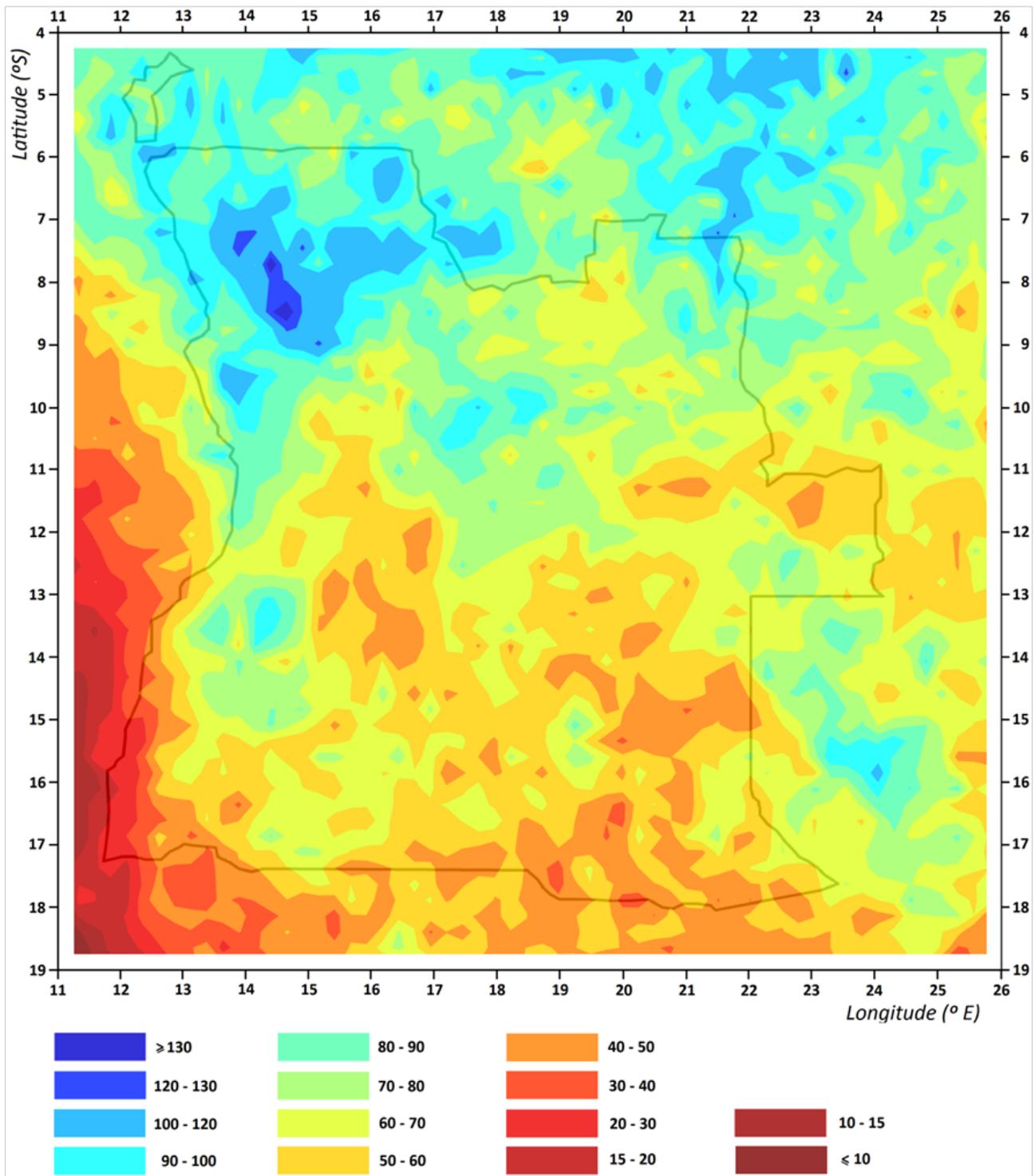


Figura 9. Representação gráfica da variação de P_{60}^{10} .

Nota: para os casos em que não é possível interpolar, por não existirem valores superiores (ou inferiores) pode assumir-se, por aproximação, que existem valores centrais iguais ao valor da mancha em análise adicionados (ou subtraídos) de metade do intervalo imediatamente adjacente. Por exemplo, para as maiores manchas $P_{60}^{10} \geq 130$ ou $P_{60}^{10} \leq 10$, pode assumir-se um valor central de 135 e 7.5.

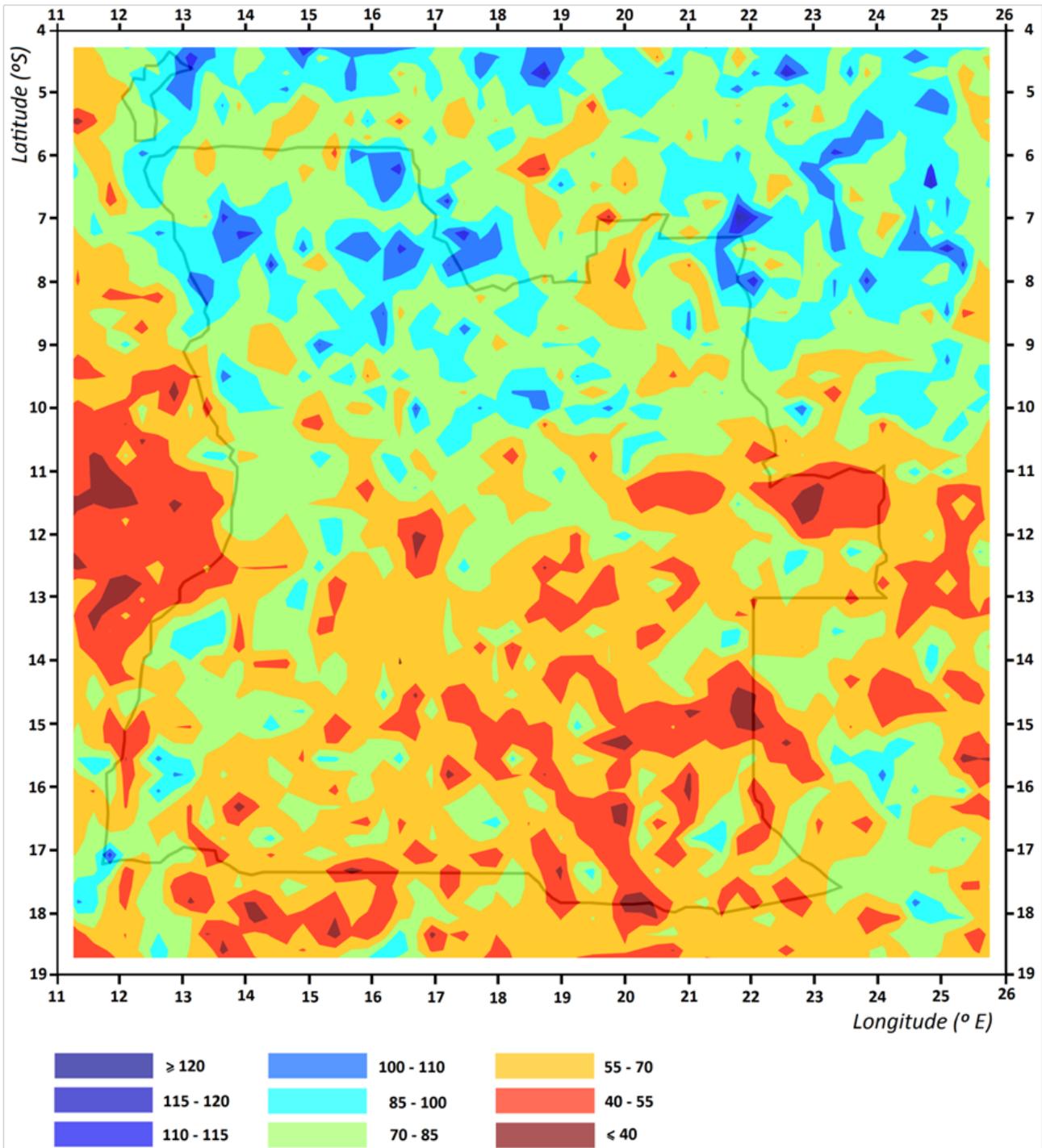


Figura 10. Representação gráfica da variação de a_1 .

Nota: para os casos em que não é possível interpolar, por não existirem valores superiores (ou inferiores) pode assumir-se, por aproximação, que existem valores centrais iguais ao valor da mancha em análise adicionados (ou subtraídos) de metade do intervalo imediatamente adjacente. Por exemplo, para as maiores manchas $a_1 \geq 120$ ou $a_1 \leq 40$, pode assumir-se um valor central de 122.5 e 32.5.

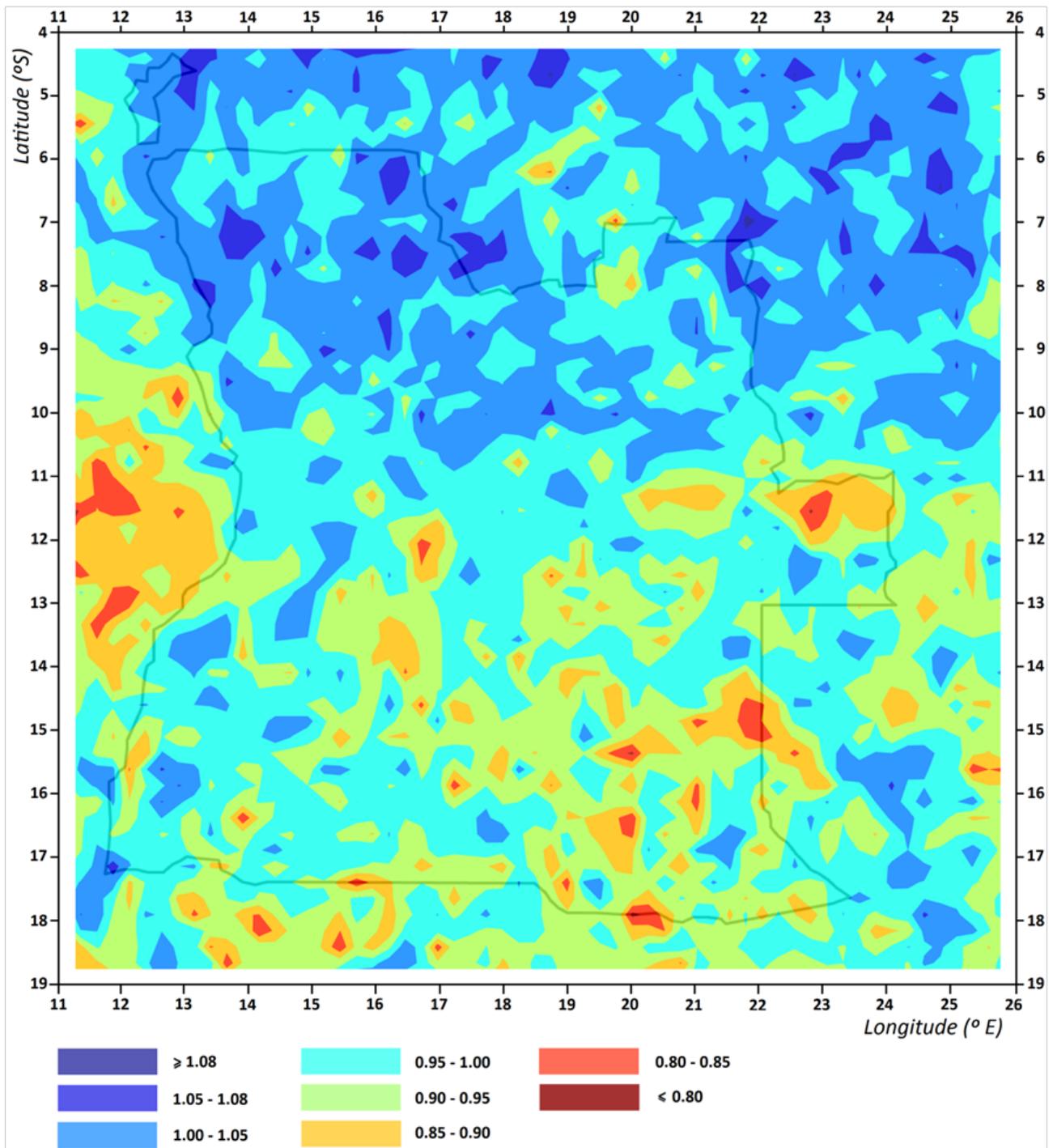


Figura 11. Representação gráfica da variação de b .

Nota: para os casos em que não é possível interpolar, por não existirem valores superiores (ou inferiores) pode assumir-se, por aproximação, que existem valores centrais iguais ao valor da mancha em análise adicionados (ou subtraídos) de metade do intervalo imediatamente adjacente. Por exemplo, para as maiores manchas $0.80 \leq b \leq 0.85$ ou $1.00 \leq b \leq 1.05$, pode assumir-se um valor central de 0.825 e 1.025.

Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural: uma solução indutora de boas práticas de Gestão de Ativos nos modelos de financiamento de Infraestruturas dos Serviços de Águas

Infrastructures Sustainability Scorecard: a solution to induce water infrastructure's asset management best practices through financial models for water infrastructures

Alexandra Serra ¹, Francisco Nunes Correia ², João Simão Pires ³

¹ Águas de Portugal Internacional – Serviços Ambientais, S.A.

² Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

³ Católica Lisbon School of Business & Economics

RESUMO: Um dos grandes desafios dos serviços de águas é como garantir o financiamento necessário para executar os avultados investimentos em novas infraestruturas e na reabilitação e renovação das infraestruturas existentes. As crescentes restrições de alguns governos à realização de investimento público e as dificuldades na mobilização de investimento privado são razões supervenientes para entender porque é dada cada vez maior atenção à questão do financiamento de infraestruturas e porque é importante assegurar a produtividade e a longevidade das infraestruturas existentes.

O presente artigo analisa o contributo das entidades financiadoras na sustentabilidade infraestrutural e propõe uma metodologia a incorporar nos instrumentos de financiamento que incentiva as entidades gestoras dos serviços de águas (EG) a adotarem boas práticas de Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI). Essa metodologia assenta numa matriz de indicadores que foi designada por *Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural* (SSI). A aplicação do SSI em projetos de infraestruturas tem como duplo objetivo contribuir para que as EG beneficiárias dos financiamentos maximizem o valor do ciclo de vida das infraestruturas, através de decisões de investimento bem informadas, de boas práticas de renovação e de integração dos processos de planeamento, e dotar os financiadores de informação continuada sobre o desempenho das infraestruturas que financiam, contribuindo assim para um quadro global de sustentabilidade infraestrutural.

Palavras-chave: investimentos, gestão patrimonial de infraestruturas, financiamento, longo prazo, risco, sustentabilidade.

ABSTRACT: *One of the major challenges facing the water services is how to finance the large capital investments' needs in new infrastructure and in rehabilitation and upgrading of existing ones. Governments' budget restrictions in carrying out public investment and the difficulty in mobilizing private investments are more than enough reasons to understand why infrastructure financing is high in the water agenda and why water utilities must increase the productivity and longevity of existing infrastructures.*

This paper analyses financing institutions' contribution towards water infrastructure's long term sustainability and proposes a methodology that can be used in infrastructures financing contracts to persuade water utilities to implement Infrastructure Asset Management (IAM) best practices. Although it is already clear for financing institutions that IAM contribute to increase investments effectiveness, there are still few instruments in financing models that enable IAM best practices.

In this framework, an innovative approach to be included in infrastructure financing contracts, based on a balanced Key Performance Indicators (KPI) matrix: the Infrastructure Sustainability Scorecard.

The proposed methodology has the dual objective of giving incentives to induce water utilities to maximize the infrastructure's life cycle value, through well-informed investment decisions, sound renewal practices and integrated long-term planning, and provide, in a regular basis, information on the performance and condition of financed infrastructure to the lenders. Thus, the ISS may contribute to a comprehensive framework for infrastructure sustainability.

Keywords: investments, water infrastructure asset management, financing, long term, risk, and sustainability.

Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 38, Nº 1, 63-74, março de 2017.

© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh38n1-cti2

1. INTRODUÇÃO

Ao longo das próximas décadas será necessário investir dezenas de triliões de euros em infraestruturas de abastecimento de água e saneamento em todo o mundo, o que tem vindo a colocar o tema do financiamento no topo das prioridades do setor. O défice de financiamento acumulado é elevado e as causas subjacentes são conhecidas: o envelhecimento das infraestruturas e as necessidades de expansão da cobertura do serviço conjugados com as crescentes restrições de alguns governos à realização de investimento público e as dificuldades na mobilização de investimento privado são algumas das razões. Os efeitos das alterações climáticas e os movimentos migratórios intensificam a pressão sobre o investimento em infraestruturas no sentido da criação de sistemas mais resilientes e mais adaptativos.

Em particular nas economias emergentes e nas regiões em desenvolvimento, os financiadores e decisores políticos centram especialmente a sua atenção na construção e relegam para segundo plano a importância da sustentabilidade da infraestrutura no longo prazo. Após a fase de construção, más práticas de operação e manutenção têm conduzido à paragem e ao colapso prematuro de muitas infraestruturas, com o conseqüente desperdício de recursos financeiros e de deficientes níveis de qualidade no serviço prestado às populações. Nas regiões desenvolvidas, as infraestruturas têm vindo a acumular défices de renovação e de reabilitação, devido a ritmos de renovação muito insuficientes.

O diagnóstico é claro e consensual. Uma das principais preocupações das instituições internacionais e dos governos centra-se em como reduzir o défice infraestrutural e garantir o financiamento do setor. Ou seja, como garantir a sustentabilidade económica e financeira dos serviços de águas para assegurar o financiamento dos enormes investimentos necessários e atrair financiamento privado.

A natureza estratégica das infraestruturas dos serviços de águas e as fortes externalidades destes serviços para a economia e para a sociedade justificam por si só a crescente atenção que é dada à problemática do

financiamento e porque é importante implementar mecanismos que contribuam para a sustentabilidade e valorização do ciclo de vida das infraestruturas.

No entanto, o tema da sustentabilidade infraestrutural relacionada com a longevidade e a produtividade da infraestrutura, em que a Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI) é instrumental, não assume ainda a devida relevância junto dos principais financiadores do setor. Em projetos de infraestruturas dos serviços de águas, os financiadores e investidores estão principalmente preocupadas com a estabilidade dos *cash-flows* gerados ao longo da maturidade dos financiamentos.

As infraestruturas possibilitam que os serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais sejam prestados e justificam que as respetivas receitas sejam faturadas. Ambas as situações ocorrem num quadro temporal de longo prazo, aproximando-se da vida útil da infraestrutura. Essa é uma das razões pelas quais a sustentabilidade da infraestrutura e a implementação de boas práticas de GPI pelas EG deva ser uma preocupação também dos financiadores e investidores deste setor.

A GPI potencia uma maior produtividade infraestrutural, contribui para a minimização dos custos do ciclo de vida e para o prolongamento da vida útil das infraestruturas existentes. Para além disso, através dos processos de GPI são gerados fluxos de informação sobre o estado dos ativos essenciais para decisões de investimento bem informadas.

Da pesquisa efetuada sobre os mecanismos adotados pelas instituições financeiras, conclui-se que embora haja consciência crescente da importância de boas práticas de GPI, existem ainda poucas soluções nos instrumentos de financiamento que as incentivem.

No entanto, há sinais de alteração deste paradigma. Nos EUA, regulamentos de alguns instrumentos financeiros estaduais para os serviços de águas atribuem classificações adicionais (maiores *ratings*) aos promotores do investimento que evidenciem ter um plano de GPI. No relatório publicado pelas Nações Unidas em Julho de 2015, no âmbito da 3ª Conferência Internacional sobre Financiamento para o Desenvolvimento é reconhecida a importância

de garantir investimento em infraestruturas de qualidade, sustentáveis, acessíveis e resilientes, através de modelos de financiamento melhorados e apoio técnico especializado aos promotores dos investimentos. Foram lançadas nos últimos anos iniciativas focadas na produtividade das infraestruturas, com o objetivo de resolver o défice infraestrutural, nomeadamente o *Global Infrastructure Hub*, o *World Bank Group's Global Infrastructure Facility* e o *Africa50 Infrastructure Fund*, entre outros. Nos regulamentos do POSEUR 2020, o novo pacote de financiamento comunitário de infraestruturas do setor da água para Portugal, são exigidos requisitos de elegibilidade das entidades promotoras relacionadas com boas práticas de GPI.

No que diz respeito aos financiadores institucionais, nomeadamente fundos de pensões ou seguradoras, nos processos de aquisição de títulos de dívida de projetos de infraestruturas a questão da sustentabilidade infraestrutural não é tema central na análise prévia à decisão de investimento. Existem várias outras questões mais prioritárias para este tipo de financiadores. Indiretamente esta questão é incorporada na classificação de *rating* dos títulos de dívida emitidos pelas EG e comprados pelos investidores institucionais, fixados pelas agências de *rating* de créditos. De facto, as agências de *rating* têm vindo a dar maior importância às práticas de GPI, entendendo que estas podem ser um contributo decisivo para a eficácia e eficiência dos investimentos realizados pelas EG.

Mas há um longo caminho a percorrer na consciencialização dos financiadores sobre os benefícios das boas práticas de GPI. O Quadro 1 resume as conclusões da análise bibliográfica realizada sobre os principais aspetos considerados pelos diferentes tipos de financiadores e investidores no financiamento de infraestruturas.

A alteração de atitude dos financiadores e investidores que se pretende requer uma mudança conjunta no comportamento dos titulares das infraestruturas, das EG, dos reguladores e dos financiadores multilaterais. Para o desenvolvimento de uma nova cultura de investimento sustentável, que atraia mais financiamento para o setor, é necessário promover diálogo e novas formas de comunicação que assegurem um conhecimento mais bem informado sobre o desempenho e o retorno dos projetos de infraestruturas. É também para isso que a GPI pode contribuir.

Acresce que, do lado dos financiadores e investidores, especialmente privados, existem lacunas de informação sobre os projetos de infraestruturas e falta de conhecimentos e competências específicas relativas ao setor dos serviços de águas. Estes são também bloqueadores à participação de financiamento privado no setor dos serviços de águas, identificados em OCDE (2010):

- Falta de dados / informação dos investidores sobre os projetos de infraestruturas;

Quadro 1. Objetivos e aspetos relevantes no financiamento de projetos de infraestruturas do ponto de vista dos financiadores.

Tipo de financiador		OBJETIVOS DO FINANCIADOR			RESULTADOS RELEVANTES PARA O FINANCIADOR		
		Recuperação da dívida	Remuneração do investimento	Externalidades sociais e económicas	Expansão da cobertura do serviço	Sustentabilidade económico-financeira	Sustentabilidade infraestrutural
Financiadores públicos e instituições multilaterais	Instituições multilaterais	↑↑↑	↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑	⊗
	Subsídios a fundo perdido	n.a.	n.a.	↑↑↑	↑↑↑	↑	⊗
Financiadores e investidores privados	Banca comercial (essencialmente empréstimos de curto prazo)	↑↑↑	n.a.	⊗	⊗	↑↑	⊗
	Fundos institucionais	↑↑↑	↑↑↑	⊗	↑	↑↑↑	⊗
	Capital próprio	n.a.	↑↑↑	⊗	↑↑	↑↑↑	↑↑
Legenda		↑↑↑	↑↑	↑	⊗		
		Importância elevada	Importância média	Importância baixa	Sem relevância		

- Percepção negativa dos investidores sobre o valor dos projetos de infraestruturas;
- Falta de competências específicas dos investidores sobre o setor das infraestruturas.

Assim, instrumentos inovadores que possam aportar mais conhecimento e mais informação sobre as infraestruturas podem contribuir em dois sentidos convergentes: maior apetência dos financiadores para projetos de infraestruturas e melhoria das condições de sustentabilidade das infraestruturas financiadas.

Nesse sentido, e como contributo para a resolução dos constrangimentos identificados, foi desenvolvida uma solução inovadora a integrar nos processos de financiamento de infraestruturas de abastecimento de água e saneamento, que se descreve nos capítulos seguintes.

2. METODOLOGIA UTILIZADA PARA O DESENHO DO SSI

A solução proposta pretende contribuir para que, face a um determinado processo de financiamento de infraestruturas, a entidade financiadora possa assegurar que os recursos financeiros disponibilizados serão eficientemente utilizados, incentivando o beneficiário a adotar boas práticas de GPI, num contexto de curto, médio e longo prazo.

A solução baseia-se numa matriz de monitorização da sustentabilidade infraestrutural designada por *Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural (SSI)*, baseada na metodologia do *Balanced Scorecard* desenvolvida por dois professores de Harvard em 1992 (Kaplan, 1996).

No contexto do presente artigo, o conceito de sustentabilidade da infraestrutura está intimamente relacionado com a sua longevidade expectável, associada a bons desempenhos operacionais, em condições de riscos controlados, e procurando a otimização dos custos do ciclo de vida da infraestrutura.

A aplicação de uma solução com estas características envolve alguma complexidade devido aos diferentes contextos e natureza dos projetos de infraestruturas:

- Tipo de projeto (*green-field*¹ ou *brown-field*²)
- Modelo de governo, tipo de vínculo contratual e maturidade da EG (pública, privada ou mista)
- Tipo de entidade financiadora e modelo de financiamento

A conceção do SSI baseia-se numa perspetiva integrada das dimensões do VALOR, da PRODUTIVIDADE e do PLANEAMENTO da Infraestrutura, que são dimensões centrais na análise do seu nível de SUSTENTABILIDADE.

Detalham-se em seguida os conceitos subjacentes a cada uma das anteriores dimensões:

- O **VALOR da infraestrutura** refere-se ao estado da infraestrutura medido pela sua vida útil remanescente. Na análise do valor da infraestrutura associado à depreciação ao longo da sua vida útil, deve ser tida em consideração a sua natureza sistémica. As várias componentes do sistema terão vidas úteis distintas pelo que o conceito de vida útil do sistema resultará de uma ponderação. A vida útil e a taxa de renovação são dois fatores com impacto no valor da infraestrutura. Infraestruturas deficientemente geridas apresentam reduções rápidas e contínuas do seu valor, com as conseqüentes ineficiências e riscos operacionais. A dimensão “valor infraestrutural” do SSI incorpora a perspetiva da longevidade da infraestrutura e relaciona-a com o ritmo da sua renovação.
- A **PRODUTIVIDADE da infraestrutura** refere-se ao desempenho da sua função na prestação do serviço, e é também consequência do seu estado funcional. Relaciona-se com a eficiência funcional e

1 - Projetos sem qualquer constrangimento de conceção imposto por obras já realizadas, ou seja sem restrições devidas a infraestruturas existentes. Geralmente envolvem maiores riscos de construção, maior carga administrativa, maior especialização técnica, maior exigência na gestão de tesouraria e baixos níveis de rating, que refletem maiores riscos.

2 - Projetos para incremento da capacidade existente, que são desenvolvidos sobre uma infraestrutura já existente. Geralmente envolvem menores riscos de construção e níveis de risco mais reduzidos.

operacional e com a garantia dos níveis de serviço fixados à EG. Tem uma dimensão temporal de curto prazo e complementa a visão de longo prazo proporcionada pelo valor infraestrutural, na medida em que permite contextualizar a relação entre o desempenho da infraestrutura e a sua idade. Incorpora a dimensão financeira da produtividade, medida por rácios financeiros associados à rentabilidade da infraestrutura.

- O **PLANEAMENTO da infraestrutura**, tal como considerado na arquitetura do scorecard, refere-se à complementaridade entre o planeamento de investimentos, resultante do Plano de Gestão Patrimonial de Infraestruturas (PGPI), e o planeamento do financiamento considerado no plano financeiro da EG. Inclui ainda uma vertente prospetiva do estado da infraestrutura, através de uma medida de projeção futura da condição da infraestrutura. Esta projeção permitirá às partes interessadas terem uma noção do impacto futuro das atuais práticas de renovação infraestrutural.

1. Definição do quadro de referência, tendo-se optado por selecionar três principais dimensões da análise: VALOR, PRODUTIVIDADE e PLANEAMENTO da INFRAESTRUTURA.
2. Seleção dos domínios a considerar em cada dimensão, de modo a especificar os aspetos centrais a ter em conta no processo de avaliação e monitorização e proporcionar condições para a seleção dos indicadores de estado.
3. Identificação dos indicadores de estado mais adequados para monitorizar cada uma das dimensões ao longo do período de análise.
4. Definição da matriz de iniciativas a implementar pela EG, em função do seu estágio de maturidade no que respeita à GPI.

O esquema anterior representa a estrutura metodológica utilizada no desenho do SS e assinala as suas relações com as principais decisões / intervenção dos financiadores ou investidores:

- (a) Definição das metas atribuídas aos indicadores.
- (b) Fixação dos incentivos para que a EG adote as iniciativas necessárias para uma adequada GPI.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do SSI assentou nos seguintes passos:

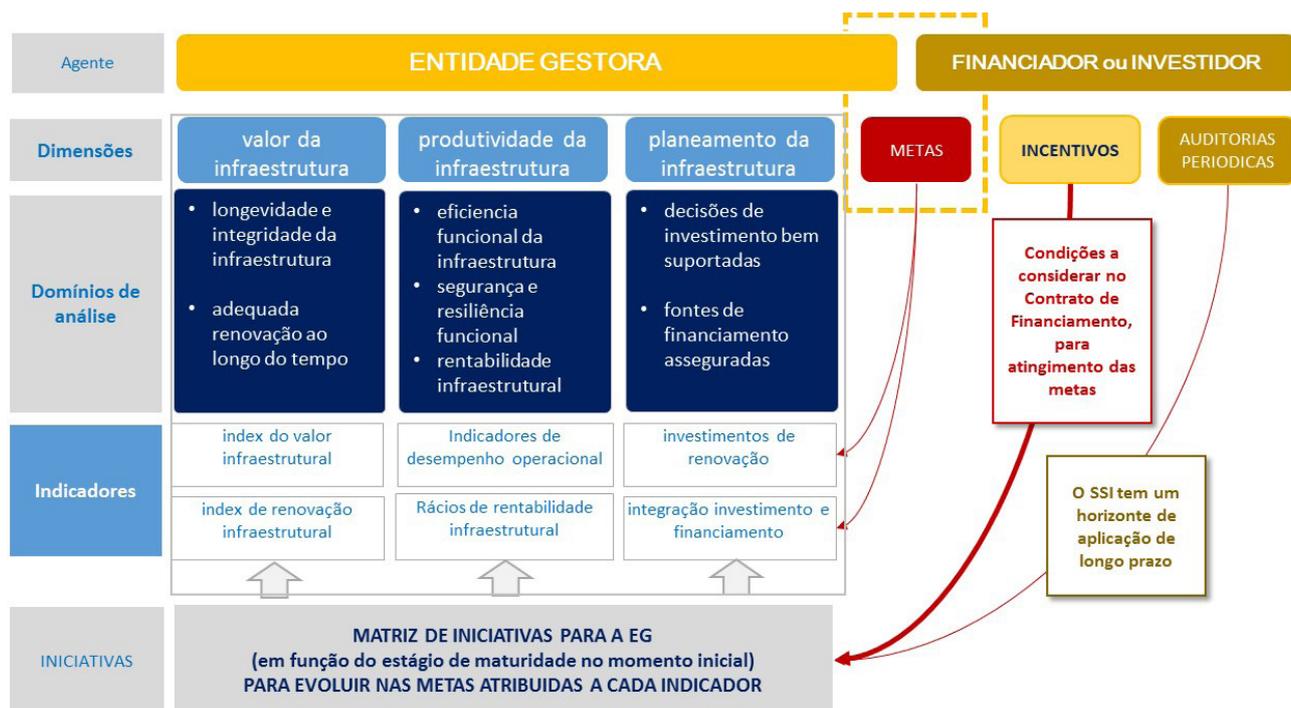


Figura 1. Estrutura metodológica do Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural (SSI)

- (c) Realização de auditorias para avaliar o grau de cumprimento das metas e dos compromissos assumidos pela EG.

3. INDICADORES CONSIDERADOS NA ESTRUTURA DO SSI

Para que os indicadores adotados sejam eficazes, devem ser uma medida intuitiva da sustentabilidade e devem ser facilmente apreendidos e entendidos por todas as partes interessadas. Devem ser em número reduzido e basear-se em dados já disponíveis ou fáceis de obter. Tendo em conta estes princípios, considerou-se para cada dimensão de análise, no máximo, dois indicadores de desempenho. Na dimensão VALOR da infraestrutura, incluíram-se indicadores relacionados com a vida útil remanescente da infraestrutura e com o ritmo de renovação aplicado pela EG. Para quantificar esta dimensão seleccionaram-se os dois indicadores que especificam de seguida:

Índice do Valor Infraestrutural (IVI)

$$IVI = \frac{\text{Valor atual da infraestrutura}}{\text{Valor de reposição da infraestrutura}} \quad (1)$$

O IVI é expresso em percentagem e quantifica a relação entre o valor atual da infraestrutura e o seu valor de reposição (Alegre et al., 2014) e traduz, de forma intuitiva e simples, o grau de juventude, maturidade ou de envelhecimento da infraestrutura. É uma medida relativa a um determinado momento da vida da infraestrutura. Os valores de referência deste indicador para uma infraestrutura sustentável no longo prazo são da ordem de 45% a 55%. No âmbito do SSI, o IVI deve ser calculado para todos os ativos infraestruturais do sistema gerido pela EG, independentemente da intervenção infraestrutural que será financiada.

Índice de Renovação Infraestrutural (IRI)

$$IRI = \frac{\text{Valor de depreciação infraestrutural no período de análise}}{\text{Valor do CapEx de renovação no período de análise}} \quad (2)$$

É um indicador, expresso em percentagem, muito utilizado no setor rodoviário na Austrália (*Federal Highway Administration*, 2012). Quantifica a relação entre o valor de depreciação da infraestrutura num determinado período e o valor dos investimentos de renovação realizados no mesmo período. Idealmente, a sustentabilidade infraestrutural de longo prazo ficará assegurada se ambos os fatores tenderem para o mesmo montante. Segundo *Queensland Local Government* (2013), para infraestruturas públicas urbanas, este indicador deve ser superior a 90% em cada ano, e em média no longo prazo.

Na dimensão PRODUTIVIDADE foram consideradas duas perspetivas distintas e complementares: a produtividade (a) na perspetiva operacional ou de serviço e (b) na perspetiva financeira.

São seguidamente especificados os indicadores selecionados no processo anual de avaliação da qualidade do serviço em Portugal, tendo em atenção os indicadores utilizados pela ERSAR.

(1) Abastecimento de água:

a. Perdas físicas. Em relação às perdas físicas, optou-se por definir o indicador como uma percentagem do volume captado que é distribuído, para maior facilidade do cálculo do indicador, em especial para EG com sistemas de recolha e gestão da informação mais frágeis.

b. Interrupções do serviço. Este indicador pretende avaliar a frequência e intensidade de interrupções que se verificam no serviço prestado pela EG e pode ser definido como o número de falhas no abastecimento por 1000 ramais / ano ou pela percentagem de horas sem fornecimento de água num determinado período.

(2) Saneamento de águas residuais:

a. Ocorrência de colapsos em coletores. O indicador é definido como o número de colapsos estruturais registados em cada 100 km de coletores. As métricas de classificação de desempenho utilizadas no SSI foram as consideradas em ERSAR (2014).

b. Ocorrência de inundações. Este indicador traduz o número de ocorrências de inundações na via pública ou em propriedades, que tenham origem na rede de coletores, por 100 km de coletor. As métricas de classificação de desempenho utilizadas no SSI foram as consideradas em ERSAR (2014).

Especificam-se, de seguida, os indicadores considerados relativamente à perspectiva financeira da produtividade infraestrutural.

- **Rentabilidade infraestrutural**, medida pela razão entre o resultado operacional no período, excluindo amortizações e depreciações, e o valor atual da infraestrutura. Este indicador traduz a capacidade da EG suportar as despesas de investimento em renovação no longo prazo. É um indicador baseado no ROA (*Return on Assets*).
- **Margem económica infraestrutural**, medida pela razão entre a receita no período e o valor atual da infraestrutura. Este indicador traduz o valor de receitas gerado por unidade de valor infraestrutural. Pretende-se com este indicador, ter uma medida da produtividade económica da infraestrutura.

Na dimensão PLANEAMENTO, os aspetos considerados para a seleção dos indicadores centraram-se nos instrumentos de planeamento críticos, nomeadamente a existência de planos de GPI e a sua integração com os planos de negócio e os planos estratégicos de financiamento. Foi introduzido o indicador IVI_{10} como forma de projetar no longo prazo as consequências das políticas atuais de renovação infraestrutural da EG na sua sustentabilidade. O IVI_{10} é o índice do valor patrimonial previsto no ano 10 se a EG mantiver o ritmo atual de renovação dos seus ativos infraestruturais. É calculado de forma semelhante ao IVI , aplicando as devidas depreciações ao Valor Atual da Infraestrutura no ano 10, assumindo como taxa de renovação infraestrutural o valor médio registado nos últimos 3 anos.

4. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO SSI

Descrevem-se em seguida pressupostos e critérios considerados na metodologia de

aplicação do SSI, bem como algumas reflexões sobre opções tomadas ao longo do processo de conceção do SSI:

- **Peso atribuído a cada dimensão de análise:** Dado o carácter inovador do SSI proposto, não existe informação histórica que permita tirar conclusões prévias sobre a melhor relação entre os pesos a atribuir a cada uma das dimensões. Nesse sentido, considerou-se uma relação de 30% - 30% - 40%, respetivamente para o VALOR, PRODUTIVIDADE e PLANEAMENTO. Optou-se por dar pesos semelhantes a cada uma das dimensões, tendo-se privilegiado a dimensão PLANEAMENTO, devido à sua natureza prospectiva. As duas primeiras centram-se na “consequência” de uma determinada política de gestão da infraestrutura, enquanto que a última se projeta no futuro, através de instrumentos de planeamento e de um indicador prospetivo.
- **Conceito de Infraestrutura subjacente ao SSI:** entende-se infraestrutura no seu sentido mais lato e abrangente. A aplicação do SSI poderá considerar todo o sistema infraestrutural gerido pela EG, como poderá focar-se num subsistema, numa instalação de tratamento ou numa rede de distribuição de água.
- **Quadro temporal de aplicação:** o período de referência considerado para aplicação do SSI deve ser de longo prazo, de 10 até 20 anos, dependendo dos objetivos que se pretendem atingir com a sua aplicação. Deve estar relacionado com a maturidade do contrato de financiamento ou com a duração do contrato de concessão, dependendo da natureza da EG e do tipo de financiador.
- **Flexibilidade e adaptabilidade:** este é um aspeto crítico do SSI e talvez o mais complexo para a estruturação do SSI. Dadas as múltiplas facetas de um projeto de infraestrutura, o SSI deve ser concebido de modo a se poder adaptar a distintos contextos. Por exemplo, o SSI deve estar preparado para responder a projetos *green-field* ou *brown-field*. Só esta diferença pode implicar alterações significativas nas metas dos indicadores selecionados para cada dimensão de análise.

- **Tipo de EG:** Pretende-se que o SSI possa ter uma aplicação de largo espectro, ou seja, que possa ser um instrumento utilizado em contextos de financiamento de EG pouco desenvolvidas, de natureza pública, em regiões emergentes ou em desenvolvimento ou em contextos de EG com elevado nível de maturidade, em modelos de governo com forte envolvimento privado. Esta ambição coloca maior complexidade no desenho do SSI, visto que estes diferentes contextos envolvem diferentes graus de disponibilidade e de fiabilidade da informação de suporte. Tipicamente, numa EG com elevada maturidade é relativamente fácil definir o ponto de partida (*baseline*). Em EG em contextos em desenvolvimento, a quantificação do ponto de partida poderá ter elevados níveis de incerteza.
- **Incentivos:** um aspeto central da metodologia do SSI prende-se com a incorporação de incentivos ligados ao atingimento das metas. Como o quadro de referência proposto se centra na perspetiva do financiador ou investidor, os incentivos devem estar relacionados com as condições de financiamento, nomeadamente a elegibilidade do projeto para financiamento, as condições de desembolso dos empréstimos e os custos do financiamento (taxas de juro e *spreads*).
- **Escalas do SSI:** A definição da escala do SSI foi inspirada em exemplos analisados relativos ao estado das infraestruturas dos serviços de águas em diferentes regiões do mundo. Uma pontuação de 5 corresponde a uma EG cujas infraestruturas apresentam um elevado nível de sustentabilidade, demonstrando estar a implementar boas práticas de GPI. Uma pontuação de 1 corresponde a uma situação de elevado risco de insustentabilidade infraestrutural, à ausência de práticas de GPI e a uma rápida deterioração das infraestruturas com elevados riscos de degradação dos serviços.

A aplicação do SSI num contrato de financiamento deve envolver as quatro etapas prévias que se sistematizam de seguida.

- **Etapa 1:** Diagnóstico do estado da EG e das infraestruturas sob a sua responsabilidade,

para a fixação das baselines de cada um dos indicadores do SSI;

- **Etapa 2:** Definição dos objetivos contratuais e das responsabilidades da EG, incluindo as metas e as iniciativas necessárias para alcançar os objetivos definidos. No Quadro 2 apresenta-se a proposta de matriz de iniciativas que a EG deve implementar para evoluir no sentido das boas práticas de GPI e, conseqüentemente, para assegurar a sustentabilidade das infraestruturas que opera. Esta matriz está estruturada em função da dimensão temporal, de modo a que as iniciativas possam ser implementadas tendo em conta a evolução da maturidade dos processos de GPI da EG.
- **Etapa 3:** Levantamento dos recursos humanos e financeiros necessários para a implementação e monitorização do SSI e execução das iniciativas. A entidade financiadora deve criar condições para que a EG beneficiária tenha acesso aos recursos necessários para o cumprimento das condições fixadas no SSI. Nesse sentido, para além do financiamento do projeto de infraestruturas, no contrato de financiamento deve ser contemplada uma verba complementar para o desenvolvimento dos processos de GPI na EG e para capacitação das suas equipas.
- **Etapa 4:** Desenho final do *scorecard* aplicado ao caso específico. Com base nos princípios metodológicos e na estrutura de base, o SSI deve ser adaptado às especificidades do projeto de infraestruturas em causa, em especial a quantificação dos indicadores e a escala de pontuação.

Após a execução destas quatro etapas, estão reunidas as condições para a inclusão do SSI (Quadro 3) no respetivo contrato de financiamento. Para tal, é necessário estabelecer os critérios e as métricas de penalizações ou de incentivos associadas às metas fixadas no SSI.

A questão dos incentivos ou das penalizações é central na metodologia de aplicação do SSI. É também uma questão que merece uma análise aprofundada em futuras linhas de investigação.

Quadro 2. Matriz de iniciativas a implementar pela EG associada à aplicação do SSI

Anos após a conclusão da obra financiada	CHECKLIST DE INICIATIVAS A IMPLEMENTAR PELA ENTIDADE GESTORA (a selecionar em função do estágio de maturidade no arranque do processo de financiamento)							
	A. ORGANIZAÇÃO		B. CONHECIMENTO INFRAESTRUTURAL		C. PLANEAMENTO		D. MONITORIZAÇÃO	
	Iniciativa A.1	Iniciativa A.2	Iniciativa B.1	Iniciativa B.2	Iniciativa C.1	Iniciativa C.2	Iniciativa D.1	Iniciativa D.2
2 anos (curto prazo)	Integração da função de gestor de ativos no organograma da EG		Inventário e valorização das infraestruturas	Desenvolvimento e implementação de processos de GPI	Plano de GPI			
5 anos (médio prazo)	Existência da função de gestor de ativos ao nível estratégico e tático	Formalização de uma área de responsabilidade de GPI	Avaliação do estado funcional das infraestruturas	Implementação de sistemas de informação	Atualização do Plano de GPI	Plano de financiamento de longo prazo integrado com o PGPI	Monitorização dos KPI	Auditorias externas aos KPI
10 anos (longo prazo)		Consolidação da área de responsabilidade de GPI	Avaliação do estado funcional das infraestruturas	Integração de sistemas de informação	Atualização do Plano de GPI	Atualização do Plano de financiamento de longo prazo	Monitorização dos KPI	Auditorias externas aos KPI

Em primeiro lugar, haverá que analisar de que forma a aplicação do SSI deve estar considerada no clausulado dos contratos de financiamento de infraestruturas. Realça-se que o SSI foi concebido não só para situações em que a EG beneficiária (de natureza pública) obtem financiamento para a execução de infraestruturas, mas também em situações em que a EG (concessionária privada) pretende obter melhores condições de financiamento nos mercados financeiros, nomeadamente através da emissão de obrigações de projeto (Albuquerque e Reis, 2014).

No caso de contratos de financiamento, uma solução imediata de incentivos ou penalizações reside na variação das taxas de juro ou dos *spreads* de risco em função da pontuação atingida no SSI. Naturalmente que o sucesso da aplicação de mecanismos deste tipo depende muito dos processos de avaliação, acompanhamento e monitorização, que exigem a realização de auditorias externas independentes para validação dos resultados alcançados.

No caso de concessões, em que a concessionária pretende otimizar os custos de financiamento das infraestruturas através da emissão de obrigações, os incentivos que resultam de boas pontuações do SSI materializam-se em *ratings* mais favoráveis, quer da EG quer das obrigações por si emitidas. Por outro lado, a publicitação da existência de um SSI e da respetiva monitorização e pontuação contribuirá para uma perceção mais bem informada sobre a qualidade da gestão e dos ativos infraestruturais da EG.

5. SÍNTESE, CONCLUSÕES E LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

O défice de infraestruturas nos serviços de águas é ainda muito elevado, nas diferentes regiões do mundo, quer para aumentar o nível de cobertura do serviço, quer para a realização de obras de reabilitação de infraestruturas. Para reduzir esse défice, as EG têm de dispôr de recursos financeiros para fazer face aos investimentos necessários, quer através da recuperação dos custos dos serviços, quer através de financiamentos. A obtenção desses financiamentos deve ser acompanhada por abordagens que assegurem uma gestão sustentável das infraestruturas, para além da fase de construção, de modo a evitar a sua degradação precoce e a consequente ineficiência dos recursos financeiros mobilizados.

A implementação de boas práticas de GPI nos serviços de águas pode e deve ser também incentivada pelas instituições financiadoras. O SSI é uma solução que poderá abrir um novo paradigma de interação entre financiadores e gestores de infraestruturas, tendo em vista a sustentabilidade infraestrutural que interessa a todos. Um dos aspetos a destacar na conceção e metodologia de aplicação do SSI é a simplicidade e flexibilidade, de modo a que se possa utilizar e adaptar a diferentes contextos. Foi já realizada uma aplicação do SSI a um caso concreto (Serra, 2016) de modo a avaliar a aplicabilidade desta solução e identificar linhas de investigação futuras. Em seguida, apresentam-se as conclusões retiradas dessa aplicação, uma vez que constituem pistas para investigação e desenvolvimentos futuros:

COMPONENTES	BLOCO A Valor da Infraestrutura				BLOCO B Produtividade da Infraestrutura				BLOCO C Planeamento da Infraestrutura				
	na perspectiva do serviço				na perspectiva financeira		na perspectiva do serviço		na perspectiva financeira				
PESO 1	20%	30%	10%	5% (*) AA	5% (*) AR	20% (*)	5% (*) AA	5% (*) AR	5%	10%	30%	40%	10%
ÂMBITO	Valor atual da Infraestrutura	Ritmo de renovação da Infraestrutura	Perdas físicas	Ocorrência de colapsos nos coletores	Interrupções do serviço	Ocorrência de inundações	Rentabilidade	Receita	Índice de valor	Instrumentos de planeamento			
DESIGNAÇÃO	Índice de Valor Infraestrutural	Índice de Renovação Infraestrutural	Índice de Perdas físicas	Número de colapsos estruturais ocorridos	Interrupções verificadas no serviço prestado pela entidade gestora	Número de ocorrências de inundações na via pública e/ou em propriedades	Rentabilidade Infraestrutural	Margem económica Infraestrutural	Índice de valor Infraestrutural no longo prazo	Planeamento de longo prazo			
ACRÓNIMO	IVI (%)	IRI (%)	IPF (%)	OCC (n/(100 km.ano))	IS (n*/(1000 ramais.ano))	OI (n*/(100 km.ano))	RI (%)	MIEI (%)	IVI ₀ (%)	PGPI+PEFI			
VARIÁVEL A	Valor atual da Infraestrutura (ou "fair value")	Valor de depreciação no período	Volumne de água distribuída	Número de colapsos estruturais ocorridos por 100 quilómetros de coletor	Número de interrupções mensais no fornecimento de água	Número de inundações na via pública e/ou em propriedades, com origem na rede por 100 quilómetros de coletor	Resultado operacional no período	Receita no período	Valor da Infraestrutura em 10 anos, mantendo a taxa atual de renovação	PGPI			
VARIÁVEL B	Valor de reposição da Infraestrutura	Valor de capex de renovação no período	Volumne de água captada	n.a	n.a	n.a	Valor atual da Infraestrutura	Depreciação da Infraestrutura no período	Valor de reposição da Infraestrutura no ano 10	PEFI			
FÓRMULA	A/B	B/A	medição operacional	medição operacional	medição operacional	medição operacional	A/B	B/A	A/B	n.a			
É uma medida de:	Vida útil remanescente	Velocidade de depreciação da Infraestrutura	Eficiência	Eficiência	Resiliência	Resiliência	Retorno sobre o Investimento	Relação entre a receita anual e a depreciação da Infraestrutura	Projeção da vida útil remanescente após 10 anos	Planeamento integrado de longo prazo			
											Bom = 5	0	0 <= IS <= 1
Escala geral	Satisfatório = 3	45% <= IVI <= 55%	40% > IRI > 90%	15 % < IPF < 25%	Entre 0 e 1	1 > OI > 3	0% >= RI > 4%	1,2 > MIEI >= 1,5	IVI > 55% 35% < IVI < 45%	Sem PGPI			
											Mediocre = 1	IVI <= 35%	IRI <= 40%

(*) - Quando o SSI é aplicado apenas a uma Infraestrutura de Abastecimento de Água ou a Saneamento, o peso atribuído à Produtividade na perspectiva do serviço, deve ser 10 % para cada KPI.

Quadro 3. Caracterização do Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural (SSI)

- As métricas utilizadas na definição da escala do SSI, que relacionam os resultados de cada indicador com a classificação definida de 1 a 5, devem ser estudadas e testadas, com base em informação histórica de várias EG e diferentes tipos de sistemas infraestruturais.
- Devem ser aprofundadas e ponderadas as soluções de adaptação do SSI às diferentes naturezas de projetos de investimento e à idade média do sistema infraestrutural a ser intervencionado.
- As metodologias de depreciação contabilística dos ativos infraestruturais devem ser uniformizadas dado o seu impacto na valorização das infraestruturas e nos indicadores de sustentabilidade infraestrutural.
- A perspetiva económico-financeira do indicador de produtividade infraestrutural do SSI deve ser aprofundada em investigações futuras. Sendo o retorno sobre os ativos e a margem económica infraestrutural medidas que traduzem, de certa forma, a produtividade económica da infraestrutura, estes indicadores devem integrar o SSI. No entanto, os intervalos para a sua classificação carecem de análises mais aprofundadas.

Em conclusão, o *Scorecard de Sustentabilidade Infraestrutural* e a sua metodologia de aplicação constituem um novo caminho na ação dos financiadores de projetos de infraestruturas em prol das boas práticas de GPI, caminho esse que se considera essencial para a resolução do défice de financiamento do sector. A aplicação do SSI será um incentivo importante para que as EG implementem boas práticas de GPI, e assim maximizem o valor do ciclo de vida das infraestruturas que gerem, através de decisões de investimento bem informadas, boas práticas de renovação e processos de planeamento de longo prazo integrados. Permitirá também dotar os financiadores de informação continuada sobre o desempenho das infraestruturas que financiam, contribuindo assim para um quadro global de eficácia e eficiência na aplicação dos recursos financeiros a projetos de infraestruturas e para a melhoria do desempenho global dos serviços de águas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, A. e Reis I. (2014). *Project Bonds: financing infrastructure projects and promoting growth*. Nova Finance Center. Lisboa. Portugal.

Alegre, H., Vitorino, D. e Coelho, S. (2014). *Infrastructure Value Index: a powerful modelling tool for combined long-term planning of linear and vertical assets*. 16th Conference on Water Distribution System Analysis. WDSA 2014. Bari. Itália.

Dobbs, R., Pohl, H., Lin, D., Mischke, J., Garemo, N., Hexter, J., Matzinger, S., Palter, R., Nanavatty, R. (2013). *Infrastructures Productivity: How to save \$1 trillion a year*. McKinsey Global Institute. Nova Iorque. EUA.

Ehlers, T. (2014). BIS Working Papers No 454 - *Understanding the challenges for infrastructure finance*. Basileia. Suíça.

Engel, E., Fisher, R. e Galetovic, A. (2008). *Public-Private Partnerships: When and How*. Universidade do Chile. Santiago do Chile. Chile.

ERSAR. (2014). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. 2014: Volume 3 - Avaliação da Qualidade do Serviço Prestado aos Utilizadores*. ISBN: 978-989-8360-26-7. Lisboa. Portugal.

Federal Highway Administration. (2012). *Asset Sustainability Index: A Proposed Measure for Long-Term Performance*. US Department of Transportation. Washington. EUA.

Guerin Schneider, L. (2001). *Introduire la mesure de performance dans la régulation des services d'eau et d'assainissement en France. Instrumentation et organisation*. ENGREF. França.

Global Infrastructure Hub. (2016). *Knowledge Sharing: Report to the G20 Finance Ministers and Central Bank Governors*. <http://www.globalinfrastructurehub.org/content/uploads/2015/10/4a-Knowledge-Sharing1.pdf>

Hukka, J. e Katko, T. (2015). *Resilient asset management and governance for deteriorating water services infrastructure*. Em: 8th Nordic Conference on Construction Economics and

Organization. Volume 21, Pages 112-119. Finlândia.

Kaplan, R. e Norton, D. (1996). *Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System*. *Harvard Business Review*. *Focusing Your Organization on Strategy – with the Balanced Scorecard*, 2nd edition. Pages 37 – 48. Harvard Business School Publishing Corporation. Boston. EUA.

Moody's. (2015). *Rating Methodology: Regulated Water Utilities*. Moody's Investors Service. Nova Iorque. EUA.

OCDE. (2010). *Innovative Water Mechanisms for the Water Sector*. OCDE Publishing. Paris. França.

Queensland Local Government. (2013). *Financial Management (Sustainability). Guideline 2013 - Version 1.1*. Published by: Department of Infrastructure, Local Government and Planning. Brisbane. Australia.

Serra, A. (2016) Modelos de Financiamento dos Serviços de Águas Indutores de Boas Práticas de Gestão Patrimonial de Infraestruturas. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa. Portugal.

WEF. (2014). *Strategic Infrastructure. Steps to Operate and Maintain Infrastructures Efficiently and Effectively*. World Economic Forum. Geneva. Suíça.

Comparação entre modelos simplificados e o modelo HEC-RAS no estudo de áreas de inundação para o caso de Minas Gerais, Brasil

Comparison of simplified models and HEC-RAS in the study of flood areas in Minas Gerais, Brasil

Carlos Eugénio Pereira¹, Maria Teresa Viseu², José Falcão Melo², Tiago Martins³, Marcio Ricardo Salla¹, Kevin Reiny Rocha Mota⁴

¹ Professor, Doutor, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

² Investigador, Doutor, do Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal

³ Bolsheiro de Investigação, Mestre, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal

⁴ Bolsheiro de mestrado, graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

RESUMO: A modelação do processo de propagação de cheias induzidas pela ruptura de barragens baseia-se essencialmente na utilização de modelos de simulação numéricos que permitem reproduzir condições de escoamento não permanente. Tem-se tornado de uso crescente o investimento em modelos simplificados para efectuar análises rápidas que permitam listar por ordem crescente de risco conjuntos de barragens, tirando partido da existência de imagens de satélite dos vales a jusante. Neste trabalho é apresentado um modelo simplificado para estimar a área inundada por cheias geradas pela ruptura de barragens (MS-20S) que foi aplicado a um conjunto de 28 infraestruturas do estado de Minas Gerais do Brasil (LNEC, 2016). É igualmente apresentada uma proposta de melhoria deste modelo simplificado pela introdução de uma rotina de cálculo para modelação do amortecimento de cheias baseada no método de Muskingum-Cunge, que foi aplicada a um conjunto de 8 barragens (LNEC, 2016). Verificou-se que os resultados obtidos em termos das áreas de inundação são idênticos, contudo o amortecimento da onda de cheia ocorre de maneira menos acentuada do que na formulação inicialmente utilizada. O artigo faz ainda uma comparação dos resultados obtidos pelos dois modelos simplificados e o modelo HEC-RAS.

Palavras-chave: rotura de barragens; área de inundação; modelos numéricos.

ABSTRACT: Modeling of the dam break floods routing process is primarily based on the use of numerical simulation models that allow reproducing conditions of unsteady flow. A growing use of simplified models has been observed enabling faster analysis with the purpose of sorting the risk within a large set of dams and taking particular advantage of available satellite images of downstream valleys. In this work, a simplified model to estimate the inundated area by dam break flood waves is presented (MS-20S), which was applied to a set of 28 dams in the state of Minas Gerais, Brasil (LNEC, 2016). A proposal to improve this simplified model is also presented, in which a routine calculation that models the flood routing, based on the Muskingum-Cunge method, was included. This improved model was applied to set of 8 dams (MS-50S) (LNEC, 2016). It was found that the results obtained in terms of inundated areas are identical, however, the resulting full wave damping is less pronounced than in the formulation that was initially used. The paper also includes results of the comparison of the two simplified models and the well-known HEC-RAS model.

Keywords: dambreak; flood prone area; numerical models.

1. INTRODUÇÃO

No final da década de 90, o Brasil enfrentou uma grave crise no setor energético. Assim, para acompanhar o crescimento económico e a procura de energia foram criadas diversas políticas de parcerias público-privadas para construção de centrais hidroelétricas. Como consequência direta, assistiu-se nessa década à construção de um conjunto importante de barragens, de que constituem exemplo as grandes centrais hidroelétricas de Jirau e Santo Antônio, no Rio Madeira e de Belo Monte, no rio Xingu.

Para além da construção de grandes centrais geradoras de eletricidade, assistiu-se no cenário nacional ao crescimento do número de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). Estas centrais permitem naturalmente gerar energia com menor impacto ambiental devido à área do reservatório ser mais reduzida. Os estudos destes impactos são naturalmente importantes para a sustentabilidade deste tipo de empreendimentos como também o são os estudos de avaliação dos danos potenciais decorrentes da ruptura da barragem, que podem afetar a população, propriedades, bens materiais e ambientais.

No Brasil, a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e estipula, como um dos instrumentos desta política, o desenvolvimento e a aplicação de um sistema de classificação de barragens. Os critérios gerais do sistema de classificação de barragens foram estabelecidos, posteriormente, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) com base em categorias de risco, dano potencial associado e volume do reservatório, através da sua Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012 (CNRH, 2012). Para as barragens classificadas como de dano potencial associado alto, este documento legal força os empreendedores a avaliar as consequências adversas no caso de ruptura da barragem, aspecto que obriga à modelação de cheias induzidas e ao mapeamento das zonas de risco a jusante. Atendendo ao elevado número de barragens que caem dentro desta regulamentação, tal modelação constitui um desafio para todos os profissionais envolvidos e para as diversas

entidades competentes na implementação das directivas da PNSB.

Para a análise da onda de cheia gerada pela ruptura de barragens tem-se assistido ao crescimento do número de trabalhos de investigação e ao desenvolvimento de modelos numéricos hidrológicos e hidráulicos (uni e bi dimensionais) baseados nos princípios da conservação da massa, energia e quantidade de movimento. Verifica-se que as equações de Saint-Venant (SWE-Shallow Water Equations) continuam a ser frequentemente utilizadas para modelação do escoamento gerado por ruptura de barragens (Quecedo *et al.* (2005); Aureli *et al.* (2008); Prestininzi (2008); Chang *et al.* (2011) e Mao *et al.* (2016)). Assiste-se ainda ao incremento de estudos para modelação da ruptura de barragens que fazem uso das equações de Navier-Stokes, nomeadamente na forma de modelos RANS-Reynolds Averaged Navier-Stokes (Quecedo *et al.* (2005); Ozmen-Cagatay, Kocaman (2011); Marsooli, Wu (2014); Kocaman, Ozmen-Cagatay (2015)). Estes últimos autores fizeram a comparação dos dois tipos de equações na modelação de cheias de ruptura com resultados experimentais obtidos em laboratório e concluíram que o modelo que utiliza as equações RANS apresenta maior concordância do que o modelo com base nas equações SWE. Também têm sido consideradas outras soluções numéricas para este tipo de estudos, destacando-se em particular o desenvolvimento mais recente de modelos que utilizam esquemas CFD - Computational Fluid Dynamics - com modelação a 3 dimensões ((Bung (2011) e Fu; Jin (2014)).

De uma forma geral, estes modelos são validados usando dados de casos reais de ruptura de barragens ou resultados obtidos em laboratório. Neste último caso, a medição de velocidades associadas a escoamentos variáveis e rapidamente variados constitui um desafio, tendo-se vindo a assistir à utilização de técnicas de processamento digital de imagens para detectar a propagação da onda de cheia em canais experimentais (Aureli *et al.* (2008), (2010) e Kocaman, Ozmen-Cagatay (2012)).

Para além destes modelos, em fase de desenvolvimento e investigação, existem *softwares* conceptualmente menos robustos

que estão acessíveis para a comunidade técnica e científica, de que constitui talvez o exemplo mais divulgado em termos internacionais o modelo HEC-RAS, (USACE, 2002). Este modelo permite calcular e apresentar graficamente as curvas de regolfo de escoamentos unidimensionais, em regime permanente, lento ou rápido, e em regime variável. Baseia-se na solução da equação unidimensional da conservação da energia. As versões mais recentes do modelo HEC-RAS incluem algoritmos para modelar rupturas de barragens que consideram o alargamento da brecha ao longo do tempo.

Por outro lado, tem-se igualmente tornado de uso crescente a aposta em modelos simplificados para efectuar análises rápidas e/ou ordenar em termos de risco conjuntos com um número considerável de barragens, tirando muitas vezes partido de formulações simplificadas e programas mais acessíveis como *Google Earth* ou sistemas de informação geográfica *open-source*. Nos modelos simplificados, a onda de cheia gerada pela ruptura de uma barragem é usualmente estimada por meio de equações empíricas, sendo o nível máximo de água nas seções a jusante da barragem calculado em função do pico de caudal nessas seções, o que substitui a simulação numérica do escoamento ao longo do vale de inundação. Embora envolvam graus de incerteza que podem ser significativos, os resultados dos modelos simplificados constituem um auxílio precioso na estimativa do nível máximo da inundação e têm-se revelado frequentemente coerentes quando comparados com os que resultam de modelos mais complexos.

Constitui um exemplo deste tipo de ferramenta, o modelo simplificado desenvolvido no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Este modelo (MS-20S), descrito em Melo *et al.* (2015), surgiu da necessidade de se analisar num curtíssimo intervalo de tempo mais de uma centena de barragens sob a jurisdição da Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil. Este modelo baseia-se em equações empíricas que constam de estudos de diversos autores (citados em Pierce *et al.* (2010)), que permitem estimar o caudal máximo gerado em função da altura da barragem, do volume do

reservatório ou da combinação de ambos. O uso destas características torna o cálculo mais simples, uma vez que constituem variáveis conhecidas *a priori*. O modelo tira ainda partido da existência de imagens satélite dos vales a jusante por forma a permitir definir mapas de inundação e classificar o nível de risco associado à ruptura de barragens.

2. MODELOS

2.1. Modelo baseado em equações empíricas (MS-20S)

O modelo simplificado MS-20S foi desenvolvido no LNEC no âmbito de um estudo para a Agência Nacional de Águas (ANA), do Brasil, para estudo das áreas de risco a jusante de 108 barragens sob jurisdição desta agência. No presente trabalho, o modelo, que se baseia na definição de duas variáveis principais (o caudal máximo ou de pico nas várias secções de cálculo e a distância máxima de cálculo) foi aplicado a um conjunto de 28 barragens do estado de Minas Gerais (Melo *et al.*, 2015).

O valor do caudal máximo na seção da barragem é dado pelo maior valor encontrado entre as equações (1) e (2), sendo a primeira proposta por Froehlich (1995) e a segunda pelo Army Corps of Engineers dos Estados Unidos da América (USACE).

$$Q_{m\acute{a}x} = 0,607 V^{0,295} H^{1,24} \quad (1)$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 0,0039042 V^{0,8122} \quad (2)$$

em que:

$Q_{m\acute{a}x}$: Caudal máximo na brecha (m³/s);

V : volume de água acima da brecha no momento da falha (m³);

H : profundidade de água acima da brecha no momento da formação (m).

O caudal nas diversas seções a jusante da barragem sofre atenuação decorrente das características do vale em termos da forma e geometria do rio, da capacidade de armazenamento, da rugosidade das áreas

inundadas e da presença de rios tributários e de obstáculos, tais como pontes e represas. Para a avaliação da atenuação da onda de cheia, o modelo MS-20S considera 20 secções de cálculo e utiliza a expressão (3) proposta pelo US BUREC (*United Station of Bureau Reclation*, 1989), adaptada para reservatórios com capacidade acima de 6,2 hm³. Nesta expressão, o caudal máximo numa dada secção depende apenas do caudal de pico e da distância, x , a que esta secção se encontra da barragem.

$$Q_x = Q_{m\acute{a}x} 10^{-0,02143 \cdot x} \quad (3)$$

em que:

Q_x : caudal máximo na distância x a jusante da barragem (m³/s);

$Q_{m\acute{a}x}$: caudal máximo na brecha junto a secção da barragem (m³/s);

x : distância entre a secção transversal e a barragem (km).

Para os reservatórios com capacidade inferior a 6,2 hm³, o modelo adota a proposta que consta de *Dams Sector* (2011), a qual é expressa pela equação (4), sendo função do pico de caudal na secção da barragem, da distância em relação a esta e da capacidade máxima do reservatório.

$$\frac{Q_x}{Q_{m\acute{a}x}} = a e^{b \cdot x} \quad (4)$$

$$a = 0,002 \ln(V_{m\acute{a}x}) + 0,9626$$

$$b = -0,20047 (V_{m\acute{a}x} + 25000)^{-0,5979}$$

em que:

x : distância entre a secção transversal de cálculo e a secção da barragem (m);

$V_{m\acute{a}x}$: volume máximo do reservatório (m³);

$Q_{m\acute{a}x}$: caudal máximo efluente da brecha (na secção transversal da barragem) (m³/s);

Q_x : caudal máximo na secção transversal de cálculo (à distância x da barragem) (m³/s).

Uma outra questão a considerar, quando se pretende simular a propagação da cheia

induzida ao longo de um vale, é definir até onde se deverá estender o cálculo da propagação da cheia, ou seja, estabelecer o critério de fixação da fronteira de jusante que se deverá adotar. Note-se que os critérios mais adequados para a fixação desta fronteira são os que se baseiam nas fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a secção de confluência com outro rio de maior dimensão ou uma albufeira a jusante. No caso do modelo simplificado MS-20S, a distância máxima de modelação no vale do rio a jusante é determinada por uma equação semi-empírica desenvolvida por Melo *et al.* (2015) que se baseia em estudos estatísticos feitos por Graham (1999). Para o caso de se ter um reservatório com volume máximo, $V_{m\acute{a}x}$, igual ou inferior a 1000 hm³, esta expressão é a seguinte:

$$D_{m\acute{a}x} = 8,870 10^{-8} V_{m\acute{a}x}^3 - 2,602 10^{-4} V_{m\acute{a}x}^2 + 2,648 10^{-1} V_{m\acute{a}x} + 6,737 \quad (5)$$

em que:

$D_{m\acute{a}x}$: distância máxima de modelação no vale do rio a jusante (km);

$V_{m\acute{a}x}$: volume máximo do reservatório (hm³).

Para barragens com volume máximo superior a 1000 hm³, dever-se-á considerar $D_{m\acute{a}x} = 100km$.

Após o cálculo destes parâmetros, inicia-se o processo para obtenção de dados referentes às características topográficas do terreno nas secções transversais a jusante da barragem. Este processo é desenvolvido em SIG numa sequência de passos de pré e pós processamento de informação topográfica no sentido de alimentar a folha de cálculo do modelo simplificado, descrito que se descreverá em 2.3.

2.2. Modelo MS-50S baseado no método de Muskingum-Cunge (MS-50S)

A versão mais recente do modelo simplificado, modelo MS-50S (LNEC, 2016), surgiu da necessidade de adotar uma metodologia conceptualmente mais correcta para simular

o amortecimento do escoamento da onda de cheia a jusante da barragem. Faz, em particular, uso do método de Muskingum-Cunge para simular a propagação da onda de cheia a jusante, em alternativa à equação de amortecimento empírica que consta de Melo *et al.* (2015). Nesta nova versão do modelo simplificado, que foi aplicada a um conjunto de oito barragens, também se ampliou a distância a jusante para análise das consequências da onda de cheia gerada pela ruptura da barragem, considerando 50 secções transversais de cálculo.

O uso do método de Muskingum-Cunge é vantajoso pois não necessita de dados hidrológicos para a sua calibração e as informações necessárias para iniciar os cálculos são de fácil obtenção. O método baseia-se nos trabalhos de Cunge (1969) (citado por Ponce (1989)). De acordo com estes autores, num canal ideal, como exemplificado esquematicamente na Figura 6, o trecho do rio analisado é dividido em intervalos de espaço (Δx). Os coeficientes de amortecimento são função dos intervalos de espaço (Δx) e tempo (Δt), da celeridade da onda (c) e do fator X , conforme as equações de (6) a (8).

$$C_0 = \frac{c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) - 2 X}{2(1-X) + c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)} \quad (6)$$

$$C_1 = \frac{c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) + 2 X}{2(1-X) + c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)} \quad (7)$$

$$C_2 = \frac{2(1-X) - c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)}{2(1-X) + c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right)} \quad (8)$$

A celeridade da onda (c), o valor do fator X e o comprimento do trecho (Δx) podem ser calculados pelas equações de (9) a (11):

$$c = \frac{5 I_0^{0,3} Q^{0,4}}{3 B^{0,4} n^{0,6}} \quad (9)$$

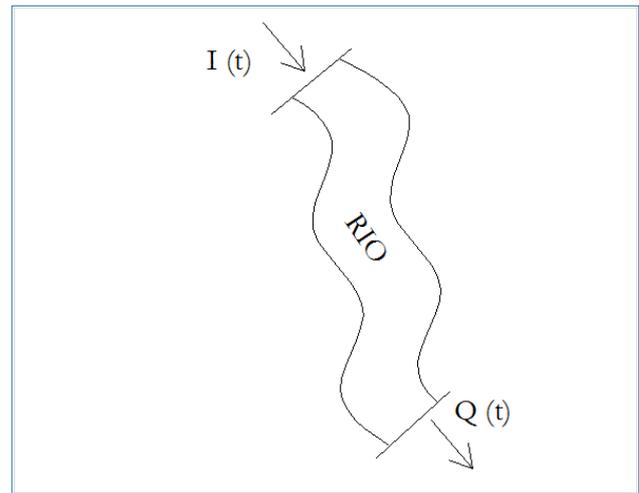


Figura 1. Trecho esquemático do rio a jusante da barragem

$$X = 0,5 \left[1 - \frac{Q}{I_0 B c \Delta x} \right] \quad (10)$$

$$\Delta x = 0,5 c \Delta t \left\{ 1 + \left[1 + \frac{1,5 Q}{(c^2 I_0 \Delta t) B} \right]^{0,5} \right\} \quad (11)$$

em que:

c : celeridade da onda cinemática (m/s);

I_0 : declividade transversal do terreno (m/m);

Q : caudal máximo na crista da barragem (m³/s);

B : relação entre a área molhada e a largura mínima de água (m);

n : coeficiente de rugosidade de Manning;

Δx : comprimento do trecho (m);

Δt : intervalo de tempo da computação.

Na aplicação deste método, um dos dados de entrada é o hidrograma afluente. Considerou-se um hidrograma triangular, conforme a Figura 2, com o caudal máximo igual ao caudal de pico na barragem, calculado conforme o método simplificado com 20 secções. O tempo de esvaziamento é função do volume do reservatório e do caudal de pico. Esse tempo foi considerado igual ao tempo de base do hidrograma, e calculado conforme a equação (12).

$$t_{esv} = \frac{2 V}{Q_p 60} \quad (12)$$

Em que:

t_{esv} : é o tempo de esvaziamento do reservatório (minutos);

V : é o volume do reservatório (m^3);

Q_p : é a caudal de pico (m^3/s).

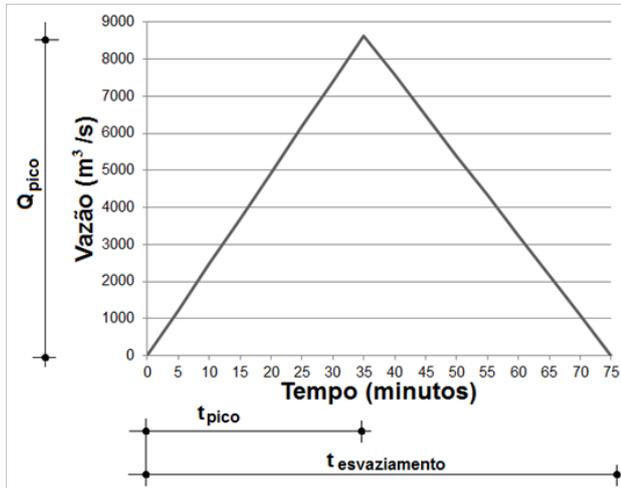


Figura 2. Hidrograma de cheia afluente adotado.

O tempo de pico é dado conforme a equação (13), sendo função do volume e da altura do reservatório.

$$t_p = 0,1524 \frac{V^{0,53}}{H^{0,9}} \quad (13)$$

Em que:

t_p : é o tempo de pico do hidrograma (minutos);

H : é a altura da barragem (m).

Na aplicação do método de Muskingum-Cunge, Fread (1993) recomenda que o intervalo de tempo (Δt) seja definido conforme a equação (14).

$$\Delta t = \frac{t_{pico}}{5} \quad (14)$$

Para a resolução de problemas pelo método de Muskingum-Cunge, Ponce (1989) recomenda a consideração de valores pequenos para os intervalos de espaço (Δx) e tempo (Δt). Recorreu-se, assim, ao número de Courant, dado pelas equações (15) e (16), que relaciona

a celeridade da onda e os intervalos de tempo e espaço. Segundo McCuen (1996), e para evitar dispersão, o número de Courant deve apresentar um valor sempre inferior e próximo de 1.

$$C = c \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) \quad (15)$$

$$C = V_w \left(\frac{\Delta t}{\Delta x} \right) \leq 1 \quad (16)$$

Observa-se que as equações anteriores são função da velocidade da onda e dos intervalos de tempo e espaço, conforme as equações (17) e (18).

$$V_w = \frac{dQ}{dA} \quad (17)$$

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{V_w} \quad (18)$$

Em que:

C : número de Courant;

Δt : passo de tempo (segundos);

V_w : velocidade da onda (feet/segundos).

A equação (19) é a razão de difusão (D), definida como a relação entre a difusão hidráulica e a difusividade.

$$D = \frac{Q}{I_0 b c \Delta x} \quad (19)$$

Em que:

b : relação entre a área molhada e a lâmina de água (m);

Na estimativa do espaçamento máximo da seção transversal, pode adotar-se a equação de Samuels (1989) ou a equação de Fread (1993), apresentadas respectivamente pelas equações (20) e (21).

$$\Delta x \leq \frac{0,15.D}{I_0} \quad (20)$$

$$\Delta x \leq \frac{c.T}{20} \quad (21)$$

em que:

Δx : espaçamento da seção transversal (*feet*);

D : profundidade média do leito do rio (*feet*);

I_0 : declividade do leito (*feet/feet*);

c : velocidade da onda (*feet/segundo*);

T : tempo de ascensão do hidrograma (segundos).

É recomendado que a soma dos números de Courant e da razão de difusão seja superior à unidade.

Assim, obtêm-se os hidrogramas de cheia nas secções a jusante da barragem (nos intervalos espaciais definidos), sendo possível construir um gráfico do caudal de pico em função da distância à barragem (exemplo na Figura 3).

2.3. Pré e pós processamento com recurso a sistemas de informação geográfica (SIG)

O mapeamento da área inundada tem como base a utilização de ferramentas em ambiente SIG e pressupõe duas fases distintas. Na primeira fase (de pré processamento) é produzida informação vetorial de base que integrará a

informação topográfica disponível e que terá como objetivo representar o vale a jusante da barragem afetada. A segunda fase (pós processamento) consiste em integrar o nível máximo calculado no modelo simplificado e produzir uma superfície de cheia que será ultimamente confrontada com a topografia, definindo-se os limites da área afetada.

2.3.1. Pré processamento

O procedimento de pré-processamento passa numa primeira fase pela vectorização da linha de água. Este procedimento pode ser feito em ambiente SIG ou em programas como o Google Earth e deverá ter como base fotografia aérea ou de satélite do terreno devidamente georreferenciada, cartografia a diferentes escalas ou Modelos Digitais do Terreno (MDT). O vector correspondente à linha de água deverá iniciar-se imediatamente a jusante da barragem e o processo de vectorização deverá estender-se até uma distância consideravelmente superior à distância máxima a jusante da área afetada pela ruptura da barragem (D_{max}).

Numa segunda fase, a linha de água vectorizada deverá ser suavizada com recurso a procedimentos automáticos integrados em ferramentas SIG ou manualmente, numa extensão igual a D_{max} . A linha suavizada obtida tem como objectivo representar o eixo

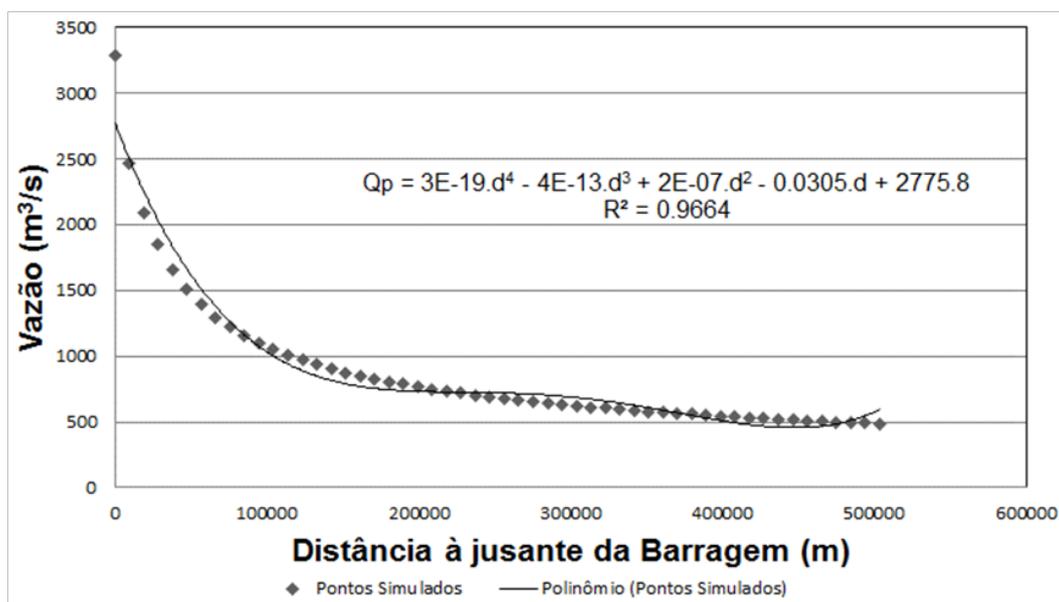


Figura 3. Caudal de pico em função da distância a jusante da barragem. PCH Areia Branca, localizada em 205920,85mE, 7828777,79mS.

da linha de água, permitindo que as secções perpendiculares ao sentido do escoamento possuam uma sobreposição mínima através da atenuação dos ângulos acentuados e por consequência de grandes variações no sentido de escoamento, em particular em linhas de água meandriformes (Figura 4). O procedimento de suavização da linha de água poderá ser um processo iterativo em que o utilizador ajusta os parâmetros de suavização até produzir o resultado que considere aceitável na sobreposição das secções perpendiculares. Na generalidade dos casos o algoritmo de suavização PAEK (*Polynomial Approximation with Exponential Kernel*) com uma tolerância de 2000 m permite obter linhas de água suavizadas representativas do traçado original.

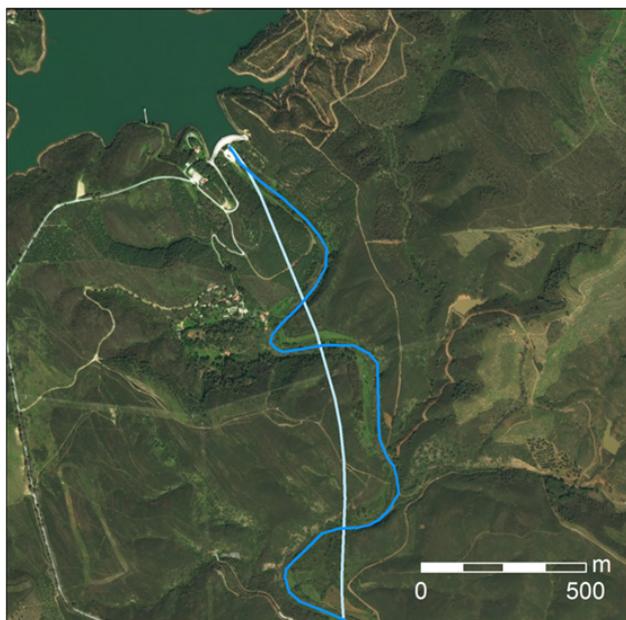


Figura 4. Detalhe da linha suavizada (a azul claro) produzida automaticamente através da vectorização da linha de água (azul escuro).

O posicionamento das secções perpendiculares ao escoamento pode ser feito automaticamente em ambiente SIG ou manualmente por manipulação topológica de vetores (linhas). O espaçamento entre si deve ser sempre igual e definido em função da extensão da linha de água suavizada, sendo dispostas em ângulo reto relativamente a esta. Deve ainda assegurar-se que a extensão das secções permite abranger toda a área de inundação, possuindo uma

extensão muito próxima da largura máxima do vale a jusante na área de análise. Para que mais facilmente se possa recorrer a procedimentos automáticos SIG, a extensão das secções deverá ser sempre igual em todas elas (Figura 5a).

Sobre as secções deverão ser posicionados pontos igualmente espaçados entre si e em igual número por secção, assegurando-se uma densidade de pontos que permita recriar o perfil do vale com razoável detalhe (Figura 5b). No sentido de se evitarem erros topológicos e agilizar este procedimento deverá recorrer-se a ferramentas SIG para o posicionamento automático de pontos conforme os parâmetros (espaçamento e número de elementos por secção) definidos pelo utilizador.

A mancha de pontos resultante deve ser então confrontada com a informação topográfica disponível. Deve ter-se em conta os seguintes factores no que toca à informação topográfica de base: deverá ser contínua, coerente e possuir um nível de detalhe suficientemente grande para que o vale seja representado. Não existindo levantamentos topográficos de precisão do vale a jusante, poderão utilizar-se MDT que se encontrem disponíveis. Atualmente, grande parte do globo terrestre está coberta pela missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que produziu modelos digitais de terreno no formato matricial de 30 metros de resolução – 1 arco-segundo (<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>).

A confrontação, através de procedimentos de interpolação, do MDT com a mancha de pontos permite obter a cota altimétrica ponto a ponto em cada secção. Esta informação será então importada para uma folha Excel onde se irá proceder ao cálculo hidráulico, por recurso às equações 1 a 4.

2.3.2. Pós processamento

Com os resultados alcançados do nível máximo em cada secção transversal, volta-se ao ambiente SIG para opós processamento da informação. À informação vetorial referente às secções perpendiculares ao sentido de escoamento, produzida na fase de pré processamento, faz-se associar o nível máximo calculado. Esta será a informação, de base para produção de uma superfície de inundação do tipo rede triangular

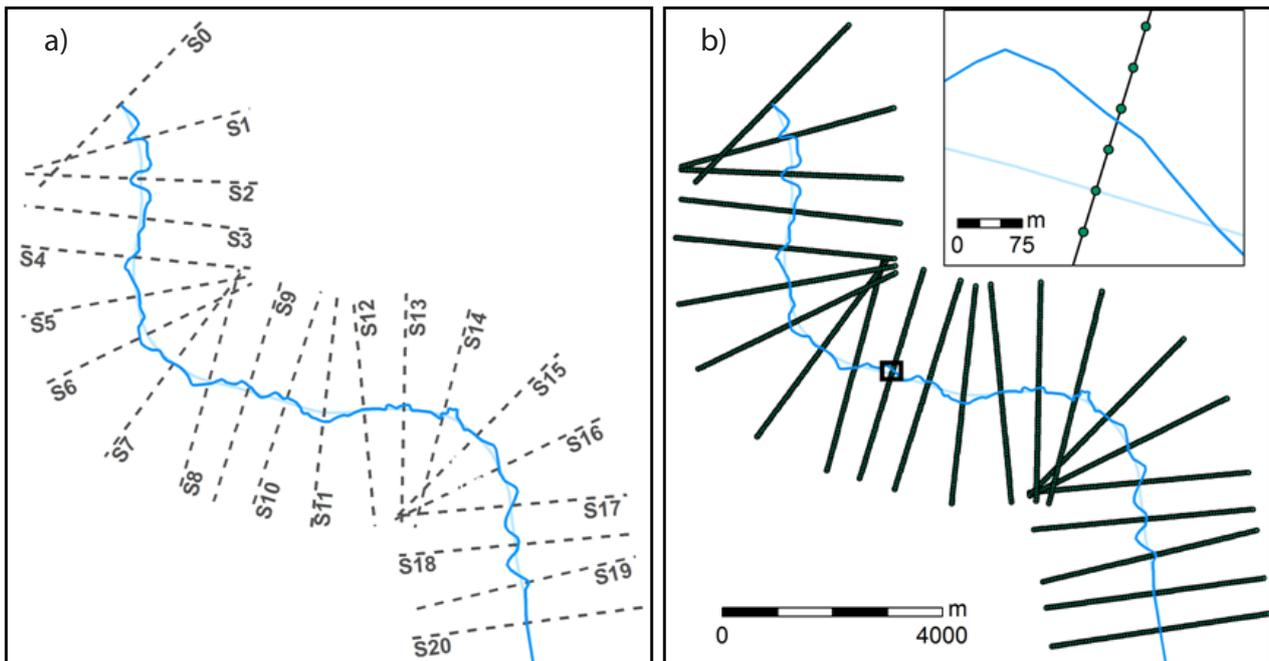


Figura 5. (a) Seções perpendiculares ao escoamento dispostas sobre a linha de água suavizada; (b) mancha de pontos posicionados regularmente sobre as seções perpendiculares.

irregular (TIN) com base na ferramenta de triangulação (Figura 6a).

Posteriormente procede-se à confrontação desta superfície com a informação topográfica do vale a jusante, com recurso a ferramentas SIG. Este procedimento consiste no cálculo da diferença de cotas topográficas entre a superfície de inundação com a superfície topográfica do vale. Por questões de compatibilização da informação, propõe-se que a superfície topográfica (por exemplo o MDT) se encontre também no formato TIN.

A ferramenta SIG devolverá as áreas em que as cotas são positivas, i.e. onde a água está efectivamente acima do terreno, produzindo um polígono correspondente à área inundada (Figura 6b).

Como se pode observar na Figura 6b, no processo de delimitação da área inundada por diferença entre a superfície inundação e a topografia do vale a jusante podem ocorrer níveis elevados de onda de cheia nos vales afluentes. Esta extensão da onda de cheia deverá ser corrigida (Figura 7b).

Considerando que a superfície de inundação resulta da altura máxima de inundação por seção, as alturas máximas de inundação nessa superfície são maiores a montante e menores a jusante. Na realidade, o vale afluente só

será inundado com uma cota situada entre a nível de inundação da seção imediatamente a montante e a seção imediatamente a jusante da área de intersecção com o vale principal. Assim procede-se manualmente ao ajuste das seções conforme a disposição dos vales afluentes, evitando que ocorram sobreposições de seções com níveis de inundação mais elevados que aquele que ocorre na área de intersecção entre o vale afluente e o vale principal (Figura 7a).

As modificações das seções obrigam à repetição do procedimento de criação de uma nova superfície de inundação (TIN) e conseqüentemente uma nova confrontação com a topografia do vale a jusante, produzindo-se um polígono referente à área inundada devidamente corrigido (Figura 7b).

Situações em que se observam manchas desligadas da área de inundação, tal como observado na Figura 7b, devem ser corrigidas. Estas manchas, que representam polígonos, podem ser eliminadas manualmente, obtendo-se um limite único da área de inundação, i.e. uma área contínua ao longo do vale a jusante.

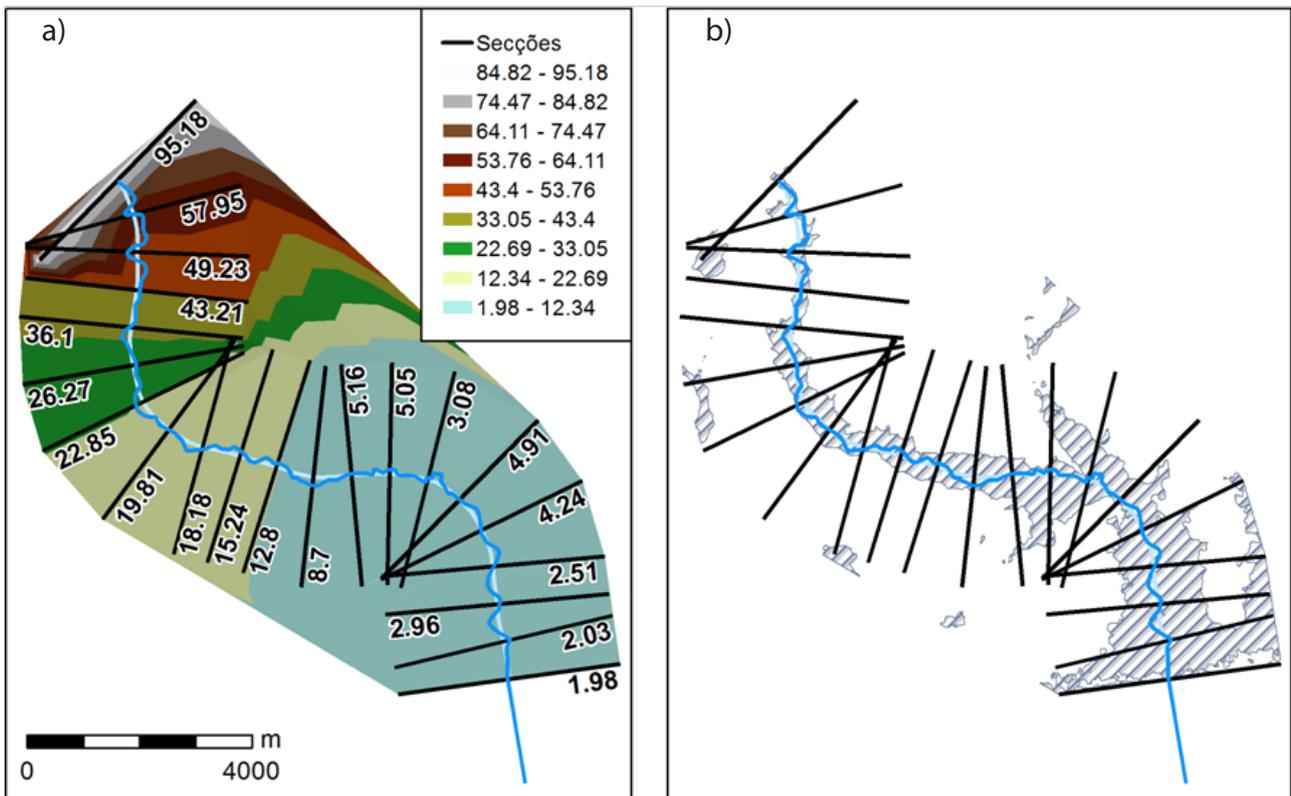


Figura 6. (a) Superfície produzida com base nos níveis máximos por seção perpendicular; (b) Área de inundação decorrente da confrontação da superfície do nível de cheia.

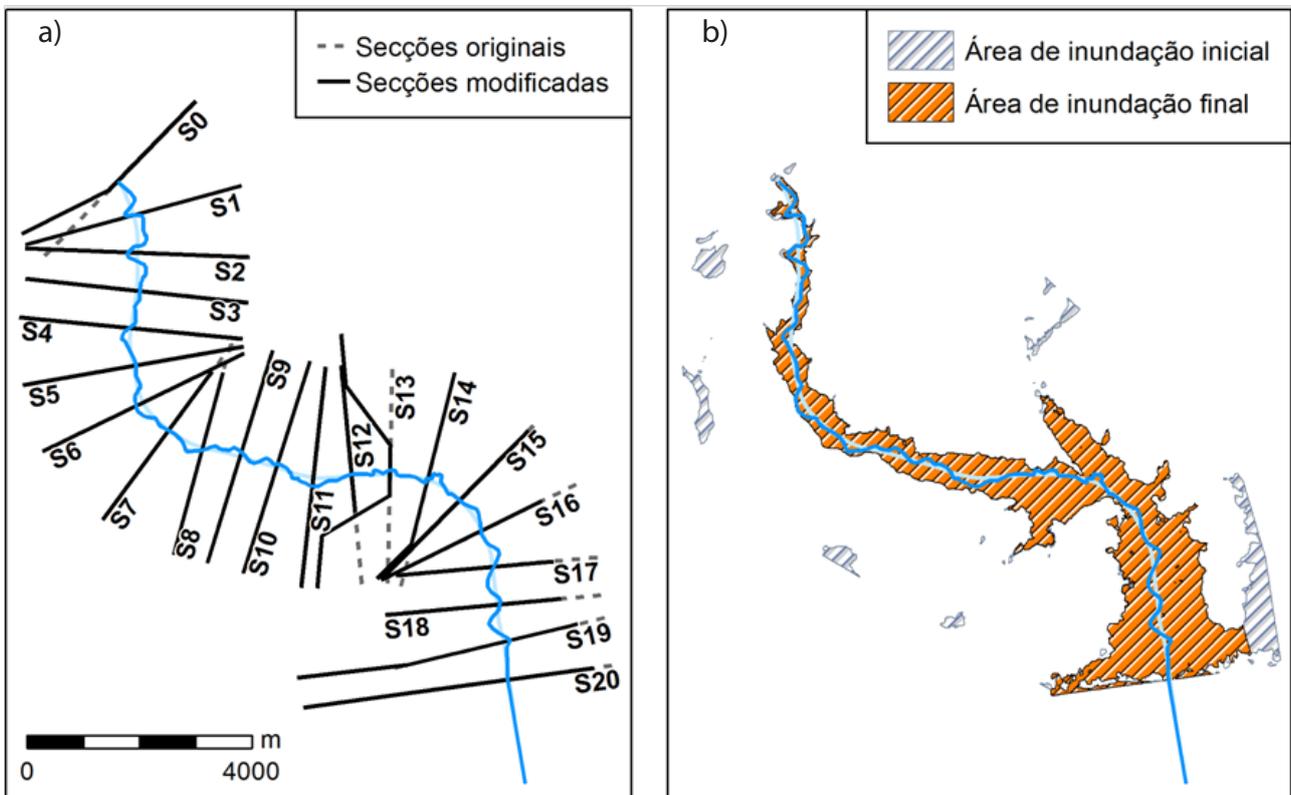


Figura 7. (a) Seções perpendiculares ajustadas/corrigidas; (b) Área de inundação ajustada/corrigida.

3. CASOS DE ESTUDO

3.1. Considerações iniciais

O caso de estudo abrange um número importante de barragens do estado de Minas Gerais, no Brasil. Numa primeira fase foram identificadas 64 barragens, seleccionadas por se afigurarem de risco elevado, de acordo com a metodologia que consta da Resolução nº 143 de 2.012. No entanto, por um lado, verificou-se não estarem disponíveis informações para um conjunto importante destas barragens e, por outro, constatou-se que o volume do reservatório é, também para algumas destas estruturas, muito pequeno. Assim, a modelação da cheia de ruptura empreendida no âmbito do presente estudo envolveu:

- 28 barragens, no caso do modelo MS-20S;
- 8 barragens, no caso do modelo MS-50S; que representam apenas aquelas onde existem a jusante aglomerados com mais de 100 edificações, respectivamente as UHE Machado Mineiro e Cajuru bem como as PCH Peti, Ivan Botelho III, Areia Branca, Pipoca, Brito e Melo Viana;
- 3 barragens (representando reservatórios de três tipos: grande, médio e pequeno volume armazenado) no caso do modelo HEC-RAS.

3.2. Comparação entre os resultados dos modelos simplificados MS-20S e MS-50S

A Tabela 1 mostra alguns resultados obtidos pelos dois modelos simplificados utilizados

neste estudo e a Figura 8 apresenta a delimitação das áreas de inundação para o caso da PCH Ivan Botelho III.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram um pequeno aumento na área de inundação na modelação com o modelo MS-50S, as diferenças estando compreendidas entre 18,4% (UHE Cajuru) e 1,5% (PCH Brito). A PCH Peti foi a única que apresentou uma menor área de inundação (em 3,6%) para o modelo PS-50S, divergindo dos demais resultados. Observa-se ainda que a diferença entre os valores das áreas inundadas aumenta quando os volumes dos reservatórios são maiores (casos das UHE's de Machado Mineiro e Cajuru).

O alcance das áreas de inundação dos dois modelos são diferentes, pois a distância de simulação para o método MS-20S é definida conforme a equação (5), limitada ao máximo de 100 km, enquanto, no método MS-50S, não existem restrições a essa distância. Na região de aplicação comum aos modelos MS-20S e MS-50S, verificou-se que a diferença entre as áreas foi próxima de 6%, que se justifica pelo facto dos métodos de amortecimento da onda de cheia serem diferentes. Visualmente não se observam diferenças nos resultados obtidos pelos dois modelos na área comum de modelação (vide Figura 8).

A nova versão do modelo simplificado foi, como descrito anteriormente, implementada também para melhorar a fixação da distância de simulação a jusante da barragem do método anterior, que necessitava de uma análise inspeccional de carácter subjectivo para eventuais ajustes. A Figura 9 constitui um

Tabela 1. Comparação entre as áreas de inundação obtidas pelos modelos simplificados MS-20S e MS-50S.

Barragem	Volume do Reservatório	Área de inundação pelo Método Simplificado	Área de inundação pelo Método Simplificado Modificado	Relação entre as áreas de inundação
	(hm ³)	(km ²)	(km ²)	
UHE Machado Mineiro	202,16	30,062	35,107	0,856
UHE Cajuru	192,70	42,864	52,500	0,816
PCH Peti	43,58	9,025	8,710	1,036
PCH Ivan Botelho III	18,05	4,297	4,566	0,941
PCH Areia Branca	8,49	2,337	2,429	0,962
PCH Pipoca	8,20	2,252	2,363	0,953
PCH Brito	2,55	1,791	1,819	0,985
PCH Melo Viana	1,27	1,218	1,347	0,905

“zoom” da Figura 8, junto à cidade de Dona Eusébia-MG (6.001 habitantes), localizada 15,0 km a jusante da barragem e que é atingida de forma significativa pela cheia gerada pela ruptura. Esta cidade teria ficado fora da análise se a extensão de simulação fosse a obtida com o modelo MS-20S. Assim, verifica-se que o limite da análise a jusante constitui um aspecto

sensível já que, caso seja pouco extenso, pode modificar significativamente a classificação de risco associado à barragem. Baseado neste resultado, verifica-se que é possível ampliar a análise dos danos causados pela ruptura de barragens, sejam eles ambientais, económicos ou com perdas de vidas humanas, utilizando-se o modelo MS-50S.

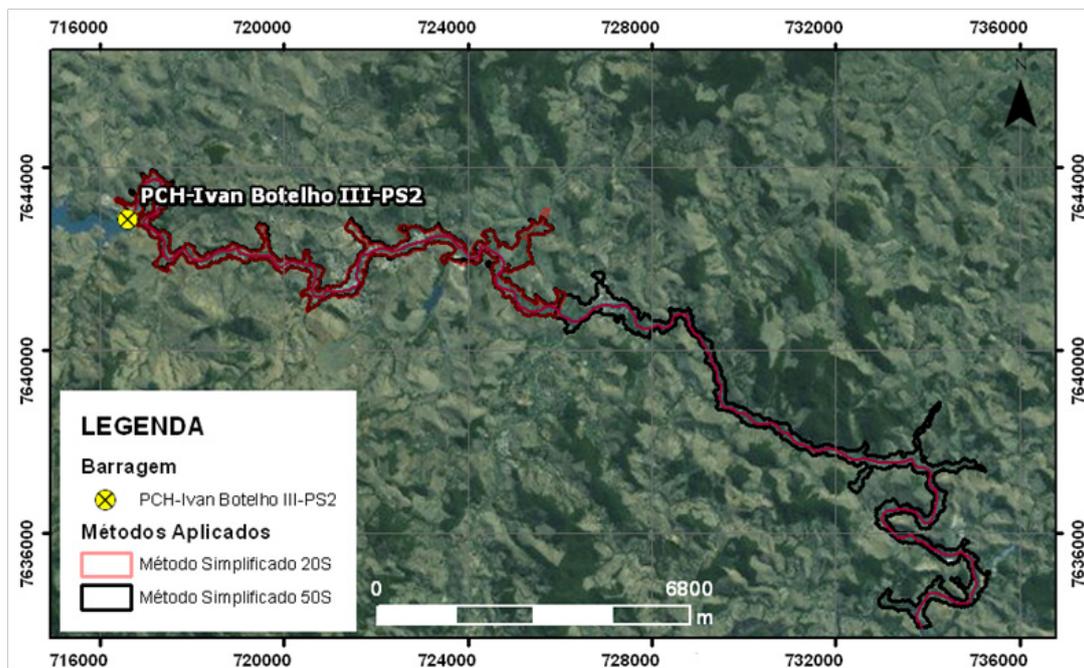


Figura 8. Comparação das áreas de inundação obtidas pelos modelos simplificados MS-20S e MS-50S. Ruptura hipotética da PCH-Ivan Botelho III, localizada nas coordenadas 7.642.914,1m S e 716.546,6m E.

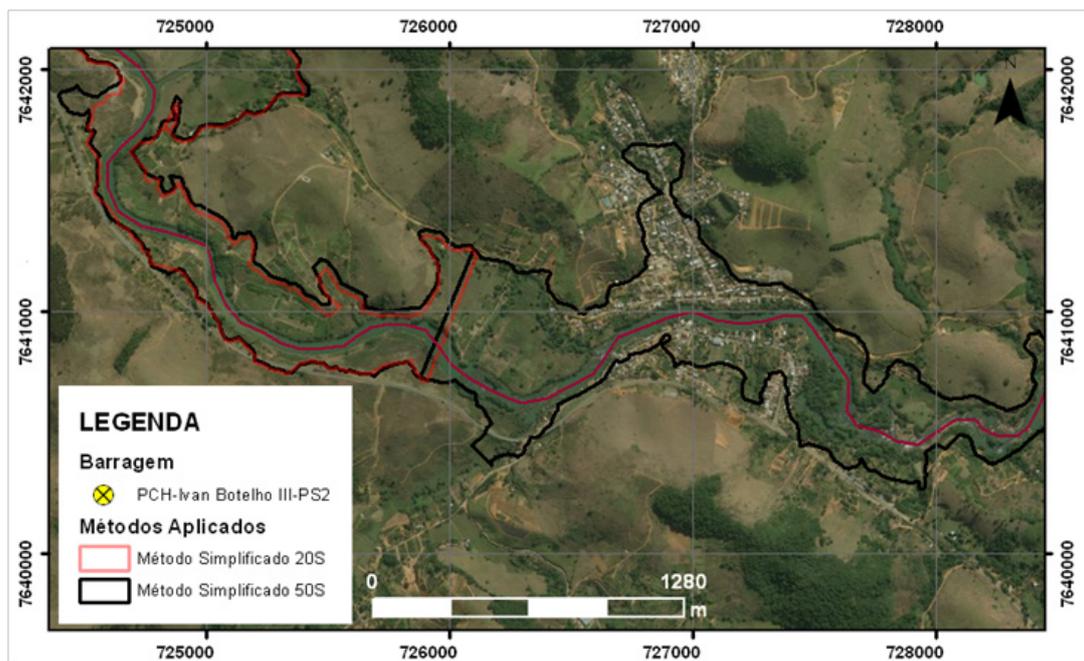


Figura 9. Área de inundação gerada pela ruptura hipotética da PCH-Ivan Botelho III sobre a cidade de Dona Eusébia-MG.

3.2. Comparação entre os resultados dos modelos simplificados MS-50S e HEC-RAS

As áreas de inundação obtidas pelo modelo MS 50S foram comparadas com as que derivam de simulações realizadas como o modelo *freeware* HEC-RAS (<http://www.hec.usace.army>.

mil/software/hec-ras/) para três barragens: a UHE Machado Mineiro, a PCH Peti e a PCH Areia Branca. A Tabela 2 mostra alguns dos resultados obtidos com os modelos simplificados MS-50S e HEC-RAS e a Figura 10 apresenta a delimitação das áreas de inundação nos primeiros 13,8 km a jusante da barragem da UHE Machado Mineiro.

Tabela 2. Valores das áreas de inundação obtidas pelo modelo simplificado MS-50S e pelo modelo HEC-RAS.

Barragem	Área pelo Método Simplificado com 50 Seções (km ²)	Área com aplicação do Programa HEC-RAS (km ²)	Relação entre Áreas
PCH Areia Branca	11,538	8,657	1,333
UHE Peti	31,098	24,132	1,289
UHE Machado Mineiro	60,117	47,925	1,254

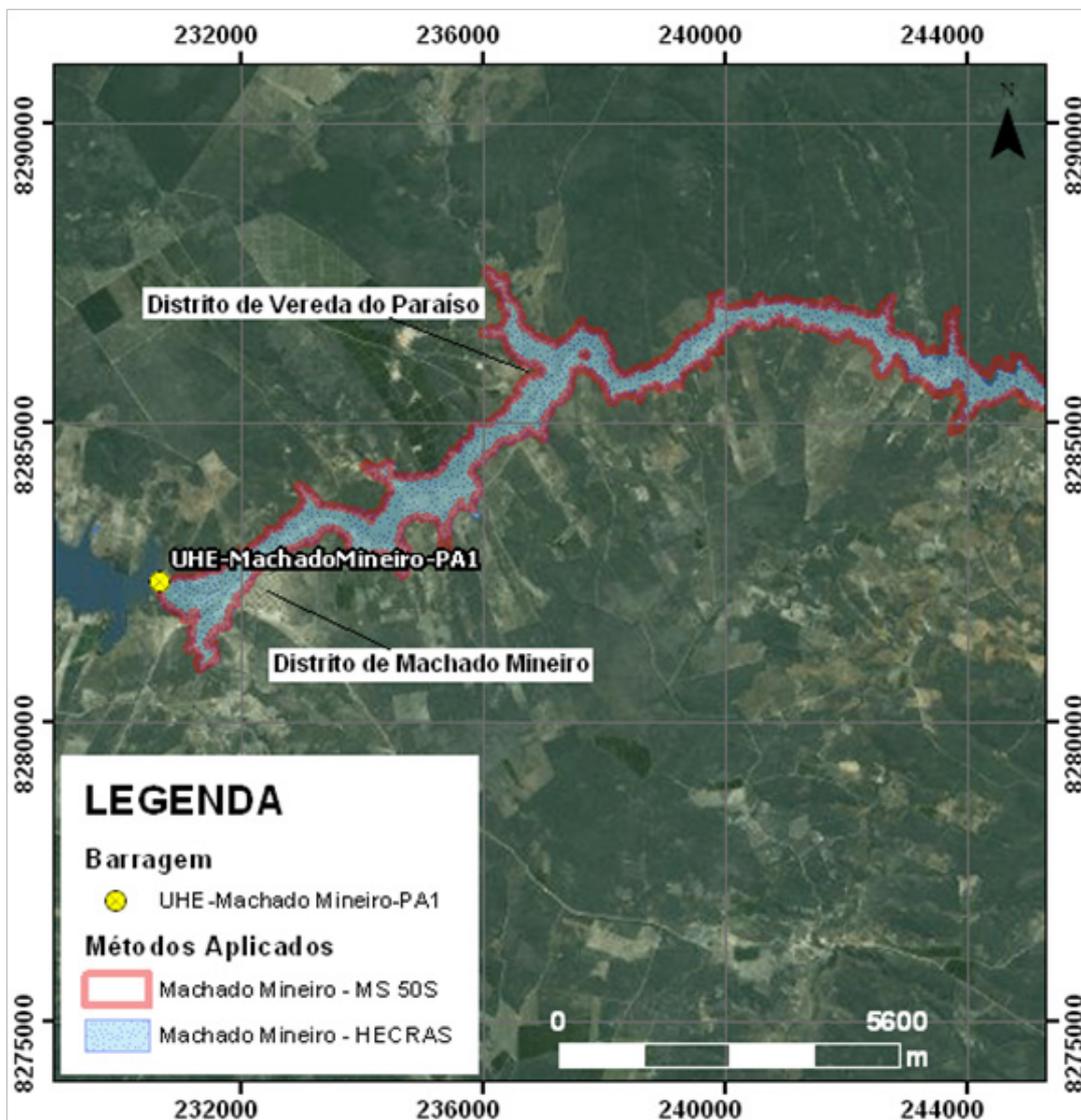


Figura 10. Comparação entre as áreas de inundação obtidas pelo modelo simplificado MS-50S e pelo modelo HEC-RAS. Ruptura hipotética da UHE-Machado Mineiro, localizada nas coordenadas 8.282.328,8m S e 230.672,1m E -Trecho entre a barragem até 13,80km jusante.

Da análise destes elementos, verifica-se que, para estas três barragens, o modelo HEC-RAS conduz a estimativas inferiores das áreas de inundação. O facto dos modelos simplificados gerarem, para o conjunto de barragens analisadas, maiores áreas de inundação revela-se uma vantagem. Com efeito, com um modelo simplificado pretende-se essencialmente obter resultados do lado da segurança, ou seja, estimar valores de caudais e de alturas de água mais elevados do que os obtidos com um modelo conceptualmente mais completo, o que joga a favor da segurança das populações.

4. CONCLUSÕES

O modelo simplificado MS-20S foi aplicado a 28 barragens do estado de Minas Gerais, Brasil, com volumes de reservatório e altura das barragens variáveis. Constatou-se como vantagem desse método, a rapidez na obtenção dos resultados referentes à área inundada e ao caudal de pico. Também se revelou muito importante, a possibilidade de ser aplicado, num curto período de tempo, a um grande número de barragens, possibilitando a sua ordenação em termos de risco e tirando partido de programas mais acessíveis como *Google Earth* ou sistemas de informação geográfica *open-source*. O modelo MS-20S apresentou, contudo, algumas limitações, nomeadamente no que diz respeito à metodologia de amortecimento da cheia de ruptura e à fixação da distância máxima estudada.

Assim, foi desenvolvido um segundo modelo (MS-50s) que modela o decaimento dos caudais a jusante da barragem pelo método de Muskingum-Cunge. Esta versão foi testada para os vales a jusante de oito barragens, tendo apresentado resultados coerentes. Esta segunda versão demonstrou ainda a vantagem de permitir estender o cálculo a distâncias superiores às do modelo MS-20S. Como foi mantida a mesma formulação para o caudal máximo na seção da barragem, foi possível comparar as áreas de inundação obtidas pelos dois modelos simplificados. Verificou-se, assim, que as áreas de inundação são superiores para sete das oito barragens estudadas, no caso do segundo método (MS50S).

Destacam-se os resultados alcançados pelo

programa HEC-RAS cujas áreas de inundação foram comparadas com as obtidas pelo modelo MS-50S, com o principal objetivo de verificar a aplicabilidade dos estudos realizados com os métodos simplificados. Em particular, constatou-se a necessidade de realizar alguns ajustes nos hidrogramas de cheia efluentes das barragens em ruptura. Na generalidade, verificou-se que a aplicação dos dois modelos simplificados a um conjunto de barragens do estado de Minas Gerais e a comparação dos seus resultados com os do modelo HEC-RAS indicia que os primeiros constituem instrumentos interessantes para a realização de análises preliminares das cheias induzidas pela ruptura de barragens.

Ressalva-se, uma vez mais, que é importante ter em atenção que os resultados obtidos com os modelos simplificados surgem no pressuposto da admissão de uma série de simplificações. Com um modelo simplificado pretende-se essencialmente obter resultados do lado da segurança, ou seja, estimar valores de caudais e de alturas de água mais elevados do que os obtidos com um modelo conceptualmente mais completo, tal como se verificou no presente estudo para três tipos de barragens: pequeno, médio e grande volume armazenado. Este pressuposto tem a sua génese na filosofia de que se *a priori* se sabe que as estimativas efectuadas têm associados erros maiores, então é desejável que elas sejam estimativas que garantam uma protecção (por excesso) da população.

Em resumo, verifica-se que os modelos simplificados apresentam vantagens, nomeadamente a nível da rapidez de resposta e da facilidade de utilização para um grande número de barragens. De referir também que o seu uso pode ser generalizado ao conjunto de organismos com responsabilidade em segurança de barragens, incluindo os que não disponham de meios técnicos e financeiros significativos.

BIBLIOGRAFIA

Aureli F., Maranzoni A., Mignosa P. & Ziveri C. (2008) - Dam-break flows: acquisition of experimental data through an imaging

- technique and 2D numerical modelling. *ASCE - Journal of Hydraulic Engineering*. Vol. 134 (8), 1089–1101.
- Aureli F., Maranzoni A., Mignosa P. & Ziveri C. (2010) - An image processing technique for measuring free surface of dam-break flows. *Experiments in Fluids*. Vol. 50 (3), 665–675.
- Brasil. Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1 - 21 set. 2010. p. 01.*
- Chang T-J., Kao H-M Chang K-H. & Hsu M-H (2011) – Numerical simulation of shallow-water dam-break flows in open channels using smoothed particle hydrodynamics. *Journal of Hydrology*, Vol. 408, 78-90.
- CNRH (2012) – Resolução nº 143, de 10 de Julho de 2012. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- Costa J. E. (1985) - *Floods from Dam Failures*. 54p., United States Department of the Interior, Geological Survey, Open-File Report 85-560, Denver, Colorado.
- Dams Sector (2011) - *Estimating Loss of Life for Dam Failure Scenarios*. U.S. Department of Homeland Security, September.
- Evangelista S., Altinakar M.S., Di Cristo, C. & Leopardi, A. (2013) – Simulation of dam-break waves on movable beds using a multi-stage centered scheme. *International Journal of Sediment Research*, Vol. 28, 269-284.
- Federal Emergency Management Agency. Federal Guidelines to Dam Safety. Report. USA, 2013. (FEMA - Technical Report Series, 64).
- Federal Emergency Management Agency. Dam Safety: An Owner's Guidance Manual. United States Federal Emergency Management Agency. Report. Denver, Colorado, USA, 1987. (FEMA - Technical Report Series, 145).
- Fread D.L. (1993) - NWS FLDWAV Model: The replacement of DAMBRK for Dam-Break Flood Prediction. *10th Annual Conference of the Association of State Dam Safety Officials*, Kansas City, MO, 26-29 September, 1993, 177-184.
- Froehlich, D. C. (1995) - Peak Outflow from Breached Embankment Dam. *ASCE Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 121 (1), 90-97.
- Fu L.& Jin Y.C. (2014) - Simulating velocity distribution of dam breaks with the particle method. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 140 (10), 04014048.
- Graham, W.J. (1999) - *A Procedure for Estimating Loss of Life caused by dam Failure*. Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, Dam Safety Office, Denver, Colorado, September, 1999.
- Kikkert G.A., Liyanage T., Shang C. (2015) - Dam-break generated flow from an infinite reservoir into a positively inclined channel of limited width. *Journal of Hydro-Environment Research*, Vol. 9, 519-531.
- Kocaman S. & Ozmen-Cagatay H. (2012) – The effect of lateral channel contraction on dam-break flows: Laboratory experiment. *Journal of Hydrology*, Vol. 432-433, 145-153.
- Kocaman S. & Ozmen-Cagatay H. (2015) – Investigation of dam-break induced shock waves impact on a vertical wall. *Journal of Hydrology*, Vol. 525, 1-12.
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (2016) – Ruptura de Barragens: Classificação do Risco e Modelação de Cheias Induzidas. O Caso de Minas Gerais. Relatório Técnico.
- Mac Donald, T.C. & Langridge-Monopolis, J. (1984) - Breaching Characteristics of Dam Failures. *ASCE Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 110, (5), 567-586.
- Mao J., Zhao L., Bai X., Guo B., Liu Z., Li T. (2016) – A novel well-balanced scheme for modeling

of dam-break flow in drying-wetting áreas. *Computers and Fluids*, v.136, 324-330.

Marsooli, R. & Wu, W. (2014) - Three-Dimensional Numerical Modeling of Dam-Break Flows with Sediment Transport over Movable Beds. *Journal of Hydraulic Engineering*. Vol. 141 (1), 04014066.

McCuen R. H. (2005) - *Hydrologic analysis and design*. 859p., 3rd ed.: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. ISBN-13: 978-0131349582.

Melo, J.F. (2015) - Dam-Break Flood Risk Assessment. In *Second International Dam World Conference*. Org. por Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, Lisboa, Portugal, 47 – 56.

Ministério Do Meio Ambiente. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 143, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 set. 2012. p. 30.

Oertel M. & Bung D.B. (2011) - Initial stage of two dimensional dam-break waves: laboratory versus VOF. *Journal of Hydraulic Research*. Vol.50 (1), 89-97.

Ozmen-Cagatay H. & Kocaman S. (2011) - Dam-break flow in the presence of obstacle: experiment and CFD simulation. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*. Vol. 5 (4), 541–552.

Pierce, M.W., Thornton, C.I. & Abt, S.R. *Predicting Peak Outflow from Breached Embankment Dams*. Colorado State University, Engineering Research Center, Fort Collins, Colorado, 2010.

Ponce V.M. (1989) - *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. 640p., Prentice Hall, Englewood, Clifts, N.J. ISBN-13: 978-0133154665.

Prestininzi P. (2008) - Suitability of the diffusive model for dam break simulation: application to a CADAM experiment. *Journal of Hydrology*. Vol. 361 (1–2), 172–185.

Quecedo M., Pastor M., Herreros M.I., Merodo J.A.F. & Zhang Q. (2005) - Comparison of two mathematical models for solving the dam break problem using the FEM method. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. Vol. 194 (36–38), 3984–4005.

Ramos C. M. & Melo J. F. (1994) - Segurança de barragens. Aspectos hidráulicos e operacionais. *Revista Recursos Hídricos, APRH*. Vol. 15 (1).

Samuels, P.G. (1989) - Backwater lengths in Rivers. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part 2*, Vol. 87, 571-582.

Singh, K.P. & Snorrason, A. (1984) - Sensitivity of Outflow Peaks and Flood Stages to the Selection of Dam Break Parameters and Simulation Models. *Journal of Hydrology*, Vol. 68 (1-4), 295-310. Global Water: Science and Engineering the Ven Te Chow Memorial Volume.

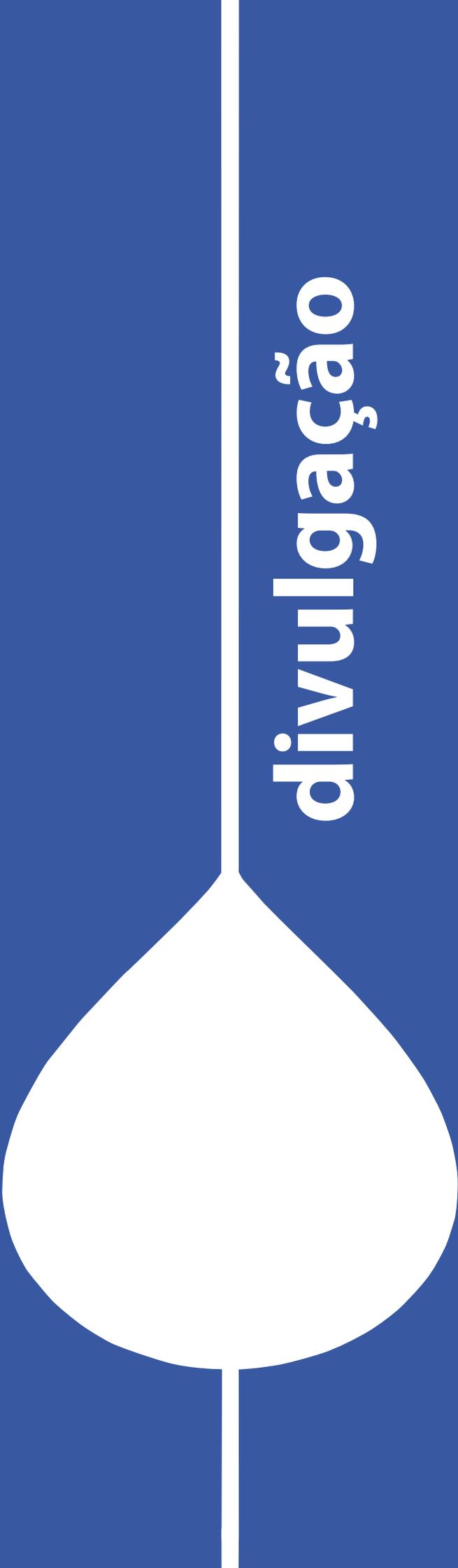
United States Department of Interior Bureau of Reclamation (1982) - *Guidelines for Defining Inundated Areas Downstream from Bureau of Reclamation Dams*. Reclamation Planning Instruction, N° 82-11, 15. Denver, Colorado, USA.

United States Department of Interior Bureau of Reclamation (1989) - *Policy and Procedures for dam safety modification decision-making*. Department of the Interior, Denver, Colorado, USA.

United States Department of Interior Bureau of Reclamation (1985) - *Safety Evaluation of Existing Dams*. 164p., Report. Denver, Colorado, USA.

Viseu, T. & Almeida, A.B. (2008) - Vulnerability index for risk evaluation: an approach for safety on dam's downstream valleys. *Proceedings da "Sixth International Conference in Computer Simulation Risk Analysis and Hazard Mitigation"*, Cefalónia, Grécia.

Viseu, T. & Almeida, A.B. (2009) - Dam-break risk management and hazard mitigation. In: *D. de Wrachien and S. Mambretti* (Coord.). Capítulo 7 do Livro: Dam – break. Modelling, Laboratory Tests, Prevention, Defence and Case Studies Publicado pela WIT press.



divulgação



VULTOS PORTUGUESES EM HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS

Fausto Gonçalves Henriques

1922-2003

Rui Gonçalves Henriques¹, Nuno Gonçalves Henriques²

¹ Investigador Coordenador aposentado do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

² Engenheiro Civil aposentado

1. INTRODUÇÃO

O Engenheiro Fausto Gonçalves Henriques (1922-2003) foi uma figura de relevo na história da engenharia portuguesa, cuja personalidade marcou todos os que com ele privaram de perto. De uma inteligência invulgar, aliava à elevadíssima competência e ao espírito metucioso e de grande rigor que colocava em tudo o que fazia, uma grande exigência aos seus colaboradores, mantendo ao mesmo tempo com todos os que com ele trabalhavam as mais cordiais relações pessoais e de amizade, que estendia às respectivas famílias.

Viveu a “epopeia” iniciada em meados da década de 40 dos planos de aproveitamento dos recursos hidroeléctricos nacionais com vista ao aproveitamento integrado e sistemático da energia hidráulica disponível em cada bacia hidrográfica para a produção de electricidade necessária à crescente industrialização do País, no âmbito de uma viragem na política energética que passou a dar preferência à hidroelectricidade sobre a energia térmica produzida em centrais de baixo valor económico. Neste âmbito desempenhou um papel determinante no estudo e na execução do plano relativo ao Rio Douro, (chefiando primeiro a Divisão e depois o Serviço de Estudos de Engenharia da Hidro-Eléctrica do Douro desde os 32 anos de idade) não sem antes, de 1948 a 1952, e apenas com 25 anos de idade, ter dirigido as obras do maior projecto de regularização fluvial até essa data realizado em Portugal, no Rio Lis, e ainda, de 1952 a 1955, com apenas 30 anos de idade, ter dirigido as obras do mais extenso túnel até então realizado em Portugal, em Caniçada.

Nos dias de hoje poucos conhecerão o relevante e primordial papel que desempenhou de 1959 a 1961 na Comissão Interministerial (Obras Públicas, Economia e Comunicações) criada pelo Governo para estudar o problema da

navegabilidade do Rio Douro, da qual foi o relator das conclusões, e à qual se ficou a dever a decisão governamental de 1965 de assegurar a navegabilidade do Rio Douro. É da mais elementar justiça destacar o forte e determinado empenho que colocou na defesa da opção de equipar as barragens do Douro Nacional com eclusas (que contava então com fortes oposições) plasmado nas conclusões do Relato que elaborou. Refira-se que as conclusões da referida Comissão Interministerial apresentadas em Maio de 1961 viriam a ser objecto de dois pareceres favoráveis emitidos pelo Conselho Superior de Obras Públicas (CSOL) só em Novembro de 1964 (e um complementar) em Fevereiro de 1965. Este hiato temporal ficou a dever-se à forte oposição movida pelo “sector ferroviário”, apesar do Ministro das Obras Públicas de então, o Eng.º Arantes e Oliveira, ter homologado logo em Fevereiro de 1963 o Plano Geral do Douro, o qual previa o estabelecimento da navegabilidade do Rio Douro.

Por este motivo o despacho que estabeleceu a obrigatoriedade da construção das eclusas nas barragens a construir no Douro Nacional, de forma a viabilizar a navegação fluvial no Rio Douro, só viria a ser emitido em Fevereiro de 1965. Em Março de 1965 também o Ministro da Economia emitiu um despacho no qual sublinhava “o elevado interesse e a prioridade que o Ministério da Economia põe na navegabilidade do Douro”. Curiosamente, a mesma navegabilidade que umas décadas depois tantos “pais” a têm vindo a “descobrir”, incluindo um Primeiro-Ministro que na parte inicial da década de 80 despachou favoravelmente a instalação do sistema de bóias e de apoio à navegação fluvial no canal navegável do Rio Douro.

Também neste domínio da navegação fluvial do rio Douro se deve sublinhar o facto da eclusa da barragem do Carrapatelo ter sido à época a mais alta eclusa até então projectada e construída em todo o Mundo, tendo sido necessários estudos aprofundados, e ensaios físicos em modelo reduzido realizados no LNEC, para encontrar a solução técnica para os problemas que uma eclusa de tal envergadura colocavam.

O Eng.º Gonçalves Henriques exerceu a quase totalidade da sua actividade em serviços do

Estado ou em empresas do sector público, com excepção do período de 1952 a 1955 em que dirigiu as obras do Túnel da barragem de Caniçada (o maior túnel construído em Portugal só ultrapassado pelo recente túnel do Marão) nunca se tendo furtado a responder prontamente ao serviço do país de cada vez que foi chamado a cumprir as missões de elevado interesse nacional para que foi sendo sucessivamente convidado.

Em fins de 1979, numa situação de emergência nacional, foi chamado pelo Governo para procurar resolver o problema do acidente do Molhe Oeste de Sines e mais uma vez deixou a marca do grande profissional de engenharia que foi. O Molhe Oeste de Sines era e continua a ser a maior obra de engenharia marítima construída em Portugal (na década de 70) e fora projectada pelo mais importante gabinete de engenharia no domínio das obras marítimas no país. Após o acidente, políticos e gestores responsáveis do Gabinete da Área de Sines deixaram de acreditar na capacidade da engenharia nacional, optando por recorrer a uma grande e reputada empresa de consultoria estrangeira, na vã tentativa de encontrarem uma solução que permitisse viabilizar de novo a operação dos terminais petrolíferos 2 e 3 para a refinaria Sines. Não tiveram todavia em conta que, além do mais, tal opção dificilmente seria compaginável com a urgência exigida no respeitante à reposição do abastecimento de combustíveis ao país. Contra “ventos e marés”, o Eng.º Fausto Gonçalves Henriques conseguiu concretizar a solução que ele próprio concebeu para o molhe incluindo o respectivo dimensionamento, enquadrando desde logo o estudo e os ensaios da nova solução no âmbito da Engenharia Portuguesa. Para o efeito contou com um Grupo de Apoio Técnico (por si proposto ao Governo) presidido pelo muito prestigiado Inspector-Geral de Obras Públicas Engenheiro Pedro Nunes, que integrou alguns dos mais experientes engenheiros de obras marítimas da época, e com o apoio fundamental e determinante do LNEC, reabilitando assim a imagem e o prestígio da engenharia marítima portuguesa. A solução “provisória” que concebeu e foi construída em tempo “record” tornou-se a solução “definitiva” que perdura hoje no Molhe Oeste de Sines.

Nasceu em Torres Novas em 18 de Novembro de 1922. Os pais eram professores primários naturais do Concelho de Torres Novas (o pai, João Tomás Gonçalves foi mais tarde promovido ao cargo de Inspector) e foi o mais novo de quatro irmãos. Os encargos decorrentes do esforço para um casal de professores primários daquela época em conseguir financiar a frequência de cursos superiores dos seus quatro filhos, levou o pai a ter de encontrar fontes de rendimento suplementares, o que fez dando explicações e aulas nocturnas até ter sido atingido pela doença. O filho Fausto, que se destacou sempre como sendo um dos melhores alunos do Liceu Pedro Nunes (recebeu um prémio por ter obtido a melhor classificação no exame do sétimo ano - correspondente ao actual 12º ano) e do Instituto Superior Técnico (IST), ajudou financeiramente os pais desde os seus 15 anos dando também explicações, actividade que manteve até completar o curso superior.

Como aluno do Instituto Superior Técnico, participou na criação, regulamentação e dinamização da Secção de Folhas da Associação de Estudantes, com a concordância da Direcção do IST no período de 1942 a 1945. Ulteriormente foi indigitado por esta secção para coligir e editar as folhas da cadeira de Cálculo. Participou ainda na actividade editorial da Revista Técnica, tendo vindo a assumir o cargo de Director da revista no seu último ano lectivo de 1944/45.

Tendo completado a licenciatura em engenharia civil no IST no Verão de 1945, como o segundo aluno mais classificado do seu curso, (em resultado das classificações menos elevadas que obteve nas cadeiras de Oficinas Gerais e de Desenho, neste caso em resultado de uma inundação que estragou os seus desenhos armazenados nas antigas instalações do IST), com média final de 16 valores, foi por um breve período, até final desse mesmo ano, assistente de Matemáticas Gerais do mesmo Instituto, ao mesmo tempo que iniciou trabalhos de investigação no Centro de Estudos de Engenharia Civil do IST, dirigido pelo Eng.º Manuel Rocha, organização embrionária do que viria a ser o futuro Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Ao longo de toda a sua vida profissional e não obstante não ter podido seguir a via do ensino

superior que desejava quando iniciou a sua actividade como engenheiro, nunca deixou de ter a preocupação de se manter actualizado, lendo as revistas técnicas da especialidade que, por não ter disponibilidade durante as horas úteis do dia, levava para casa ao final da tarde, estudando-as e tomando as notas pertinentes ao serão, após o jantar. Manteve esta prática mesmo depois de, na CPE e na EDP, se ter visto afastado da prática da engenharia para exercer funções ligadas sobretudo a aspectos de gestão natureza financeira e orçamental. Assim, pode mesmo durante essa época, e por exclusiva iniciativa pessoal, apresentar à empresa sucessivos relatórios sobre a situação dos aproveitamentos hidro-eléctricos em Portugal.

Nunca deixou de batalhar pelo aproveitamento dos recursos hidroeléctricos nacionais, alertando os responsáveis pela gestão da EDP para as consequências muito onerosas para o país resultantes do abandono da política de privilegiar a produção de energia eléctrica a partir da utilização de recursos naturais renováveis - como são os recursos hidroeléctricos - por um prematuro e rápido crescimento da produção térmica a partir de combustíveis importados, que se vinha verificando nos últimos anos. Nesse sentido alertou a gestão da EDP para o falso preconceito de que "já estaria esgotada a utilização das potencialidades nacionais de recursos de energia hidráulica em condições económicas de utilização", apelando à retoma do anterior ritmo de actividade das realizações hidroeléctricas e à sua manutenção num nível compatível com a capacidade de realização nacional nesse domínio. Sugeriu a resistência à tentativa fácil de prosseguir com certa rapidez na instalação de novos grupos térmicos, por oposição à mobilização em tempo oportuno dos esforços e das vontades necessárias ao lançamento de aproveitamentos hidroeléctricos com grande capacidade produtiva que satisfizessem as necessidades energéticas presentes e futuras do país. Preconizou a adopção de um ritmo adequado da actividade de construção de aproveitamentos hidroeléctricos - que deveria ser significativamente mais elevado do que o que se verificava então - devendo ter como

limitações apenas: a disponibilidade de projectos, a capacidade nacional de realizações desta natureza e a preocupação em manter uma certa permanência desse ritmo.

Conjugado com o desinteresse dos responsáveis pelas decisões relativas à construção dos aproveitamentos hidroeléctricos, viria a juntar-se posteriormente o coro das vozes ditas “ambientalistas”, que fizeram das barragens o seu pior inimigo, explorando demagogicamente o muito fraco conhecimento do público sobre a matéria. Quem hoje percorre o Parque Nacional da Peneda-Gerês e vê a maravilhosa paisagem proporcionada pelo Rio Cávado, visita o deslumbrante Douro Internacional, que foi classificado como “Parque Natural”, ou percorre o Rio Douro de barco, desfrutando de espectáculos que rivalizam com os mais afamados polos de atracção turística mais visitados no Mundo, está a usufruir da significativa valorização da beleza daquelas paisagens que as barragens construídas vieram proporcionar, não vendo, inversamente, qualquer indício de que as mesmas tenham prejudicado o ambiente. Querendo ignorar, irresponsável e demagogicamente, que toda a energia eléctrica que não era produzida por novas barragens teria e terá de ser necessariamente compensada com a produção de electricidade à custa da importação de combustíveis fósseis e da emissão de CO₂ para a atmosfera, os fundamentalistas “anti-barragens”, continuam ainda hoje incapazes de admitir a realidade, acabando, na sua ingenuidade, por se tornarem em Portugal os mais consequentes defensores da indústria petrolífera e do carvão”.

E nunca será de mais destacar que os aproveitamentos hidráulicos projectados pelos Serviços de Estudos e Engenharia da Hidro-Eléctrica do Douro (HED) foram sempre concebidos segundo perspectivas abrangentes e integradas em que todas as valências, designadamente as ambientais e também as sociais, que nunca deixaram de ser tidas em conta. Para ilustrar essa visão abrangente da HED destaca-se o facto de o IPPAR ter integrado na lista do Património Classificado a Barragem de Picote e da Aldeia do Barrocal do Douro construída pela HED junto à mesma.

O Eng.º Gonçalves Henriques terminou a sua carreira profissional dedicando-se ao acompanhamento do projecto do aproveitamento hidro-eléctrico de Almourol e ao de Santarém, mas sempre desapontado por não ver construída a barragem de Alvarenga (que considerava prioritária entre as muitas que ficaram por construir na Bacia Hidrográfica do Rio Douro – ao contrário do que sucedia no lado espanhol, em que o potencial existente nunca foi desprezado, com a construção de muitas barragens ao longo das décadas em que a Bacia Hidrográfica do Douro foi votada ao abandono).

2. DIRECÇÃO GERAL DOS SERVIÇOS HIDRÁULICOS

a. No domínio portuário

Em 1946 ingressou nos quadros da Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, então dirigida pelo Eng.º Duarte Monteverde Abecasis, tendo sido nomeado para o cargo de Adjunto do Director do Porto da Figueira da Foz, que exerceu durante dois anos. A sua colocação nessa cidade veio a impossibilitar a continuação da actividade docente à qual pensara dedicar-se com continuidade.

Nestas funções, que exerceu durante os anos de 1946 e 1947, coube-lhe substituir o Director nas suas ausências frequentes e prolongadas (devido às exigentes responsabilidades do desempenho de missões oficiais e prioritárias na DGSH que este Director acumulava).

Salientam-se alguns dos aspectos mais importantes da actividade realizada:

- Colaboração na elaboração de estudos para o projecto de obras exteriores do porto da Figueira da Foz, constituído por dois molhes convergentes, criando uma possibilidade de acesso com certo domínio da barra. A situação de então caracterizava-se pela existência de apenas um incipiente molhe Sul que fixava a saída das águas do rio.
- Acompanhamento e orientação da actividade de exploração portuária e dos problemas de utilização do porto,

salientando-se os seguintes:

- i. Reparação do cais acostável (“trapiche”) até então existente.
- ii. Activação de dragagens, quer no acesso à doca nº 1 (dos barcos bacalhoeiros), quer para desassoreamento da doca do centro da cidade, então existente.
- iii. Reparação de diques de defesa ao longo do estuário que tinham sofrido avarias provocadas pelas cheias, sobretudo nas zonas onde havia salinas.
- iv. Apresentação de um estudo da origem da situação proprietária de alguns terrenos marginais, perante as condições legais em vigor no que se refere às disposições sobre o regime da propriedade em áreas afectas ao domínio público marítimo.

Colaborou também, desde 1944, ainda como aluno finalista do IST, com a Missão de Estudo dos Portos dos Açores e da Madeira, que era um organismo criado pelo Governo para a realização de um plano de melhoramento de todos os portos dos Açores e da Madeira, abrangendo não só o que se referia aos portos então existentes, como também a criação e a beneficiação de pequenos portos para apoio da actividade de pesca, e o possível estabelecimento de novas instalações portuárias, de importância relevante, encaradas para as Ilhas Terceira e de Porto Santo.

Veio-lhe a ser reconhecida, pela Missão, a sua qualidade de engenheiro civil, a partir da data da sua carta de curso (20 de Julho de 1945), tendo terminado estas tarefas em 31/12/1945. As actividades que lhe foram cometidas consistiram em participar na realização de estudos da Missão, designadamente, os de anteprojecto do porto então previsto para a Ilha Terceira, em Angra do Heroísmo.

b. No domínio da hidráulica fluvial, hidro-agrícola e marítima

Em 1948 foi nomeado responsável pelo conjunto das Obras do Rio Lis (cargo que exerceu até 1952), o maior projecto até então

realizado em Portugal de regularização fluvial, de defesa dos campos marginais contra as cheias, de fixação e melhoramento da foz do rio, de drenagem e de enxugo dos campos do vale do Lis (que constituíam pauis permanentes em apreciáveis extensões), de rega sistemática de terrenos com possibilidades hidro-agrícolas, e de restabelecimento de comunicações. As obras foram realizadas pelos Serviços Hidráulicos em regime de administração directa, e envolveram a utilização de modernos e potentes meios de acção, essencialmente para obras de movimentação de terras, os quais foram adquiridos na quase totalidade como material excedente norte-americano disponibilizado após o fim da Segunda Guerra Mundial (meios até essa data inexistentes em Portugal).

As suas atribuições visavam inicialmente a activação das escavações do Rio Lis no troço fluvio-marítimo e o lançamento imediato das obras marítimas na foz do rio, compreendendo os diques e os molhes.

Desde Abril de 1948, além de continuar a exercer a direcção e orientação das obras marítimas já referidas, passou a assumir também a responsabilidade local da realização do conjunto das Obras do Rio Lis, funções que desempenhou até Outubro de 1952 (data em que passou à situação de licença ilimitada).

Em particular, promoveu o arranque da extensão da regularização fluvial para montante de Monte Real, e no troço de jusante a coordenação de trabalhos essenciais para conseguir a eliminação dos pauis permanentes, tendo ainda realizado o considerável alargamento da drenagem e da rega dos campos marginais, compreendendo também o início dos trabalhos de construção de uma das principais estações elevatórias de drenagem. Foi assim praticamente concluída a montagem, também por administração directa, da instalação de uma comporta automática de um açude móvel do rio (açude das Salgadas) que constituía um elemento essencial do desenvolvimento da rede de rega.

No âmbito das funções exercidas, empenhou-se também na realização de estudos de projectos pormenorizados que considerou indispensáveis à realização das obras, entre as quais se salientam predominantemente:

(i) a proposta de variante do projecto das obras marítimas mediante alteração dos perfis-tipo dos molhes, que obteve despacho de concordância do então Director Geral, Eng.º Trigo de Moraes, (curiosamente, apesar da hesitação da hierarquia intermédia, que considerava uma ousadia a apresentação de uma proposta de variante da autoria do jovem Engenheiro Residente no Lis ao projecto elaborado pelo Professor Catedrático de Hidráulica do Instituto Superior Técnico, Eng.º Alberto Manzanares); (ii) as soluções de degraus nos canais afluentes no rio, evitando, quer a aceleração de chamada, quer o perfil de regolfo inconveniente, optando pela criação do perfil do canal chamado “módulo”; (iii) as disposições para dissipação de energia nas confluências dos canais de terra ou em degraus intermédios, evitando erosões nos taludes, problema que sendo da mesma natureza, embora em proporções reduzidas, é fundamentalmente o mesmo da protecção dos descarregadores de superfície de barragens.

Os estudos que promoveu e levou a cabo, na sua grande parte, mediante ensaios hidráulicos realizados num pequeno laboratório de hidráulica, que tinha sido construído em 1945 nestas Obras do Rio Lis pelo Eng.º Fernando Abecasis, ainda como aluno do IST em 1945, sob orientação do Eng.º Alberto Manzanares, vieram a permitir a obtenção de soluções eficazes. Publicou em 1952 uma separata da Revista Técnica da AEIST sobre estas Obras.

3. O TÚNEL DE CANIÇADA

Com o arranque da construção dos grandes aproveitamentos hidroeléctricos na perspectiva integrada de utilização das quedas ao longo dos rios das principais bacias hidrográficas (que se iniciaram no Rio Zêzere e no Rio Cávado), para o que foi indispensável o modelo idealizado pelo Ministro Duarte Pacheco da concessão dos aproveitamentos desses rios a empresas hidroeléctricas, foi convidado em 1952 para dirigir as obras do túnel de restituição da Barragem de Caniçada, no Rio Cávado para a ETELI, empresa luso-italiana que à época era o maior empreiteiro na construção de grandes aproveitamentos hidroeléctricos no país.

O túnel de Caniçada foi o maior túnel

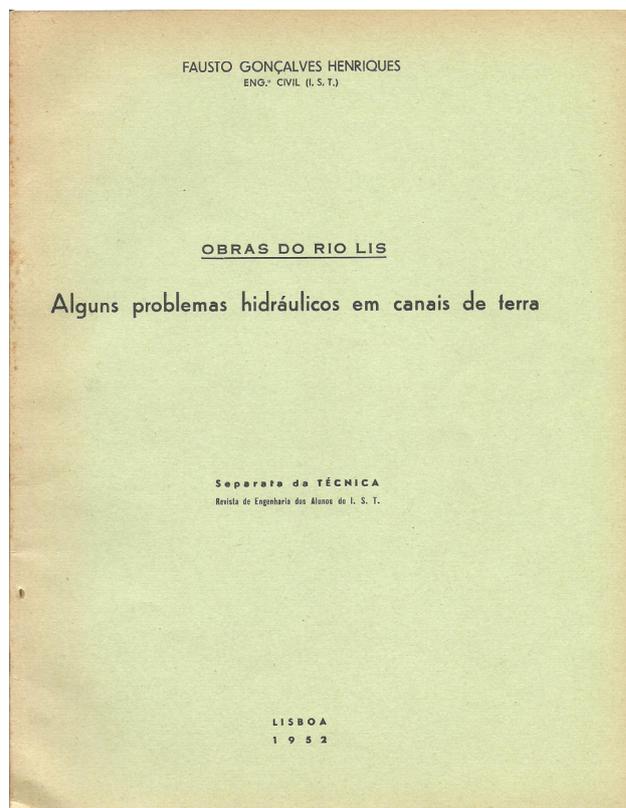


Figura 1. Capa da Separata da Técnica relativa às Obras do Rio Lis

realizado em Portugal (só ultrapassado pelo recentemente inaugurado túnel do Marão), correspondendo-lhe uma extensão de 7,5 km e um volume de escavação subterrânea de cerca de 300 000 m³. Em Fevereiro de 1955, quando a obra estava praticamente concluída - o aproveitamento entrou em exploração dois meses depois, aceitou o convite do Eng.º Pedro Nunes para integrar, como Chefe da Divisão de Estudos da Direcção de Serviços de Engenharia Civil, os quadros da Hidroeléctrica do Douro, empresa concessionária constituída em 1953. (A título de curiosidade, assinala-se que o Professor Alberto Manzanares era então consultor da empresa ETELI e nessa qualidade teve um papel activo na execução do aproveitamento de Caniçada).

As suas funções durante a construção do túnel foram as de assegurar a coordenação, e dirigir e impulsionar as obras de modo a fazer face a todas as dificuldades de que se revestiu um trabalho desta grandeza, e de que se referem alguns aspectos relevantes:

1. A empresa concessionária, Hidroeléctrica

do Cávado, exigiu que a construção fosse completada num prazo demasiado curto, o que obrigou o empreiteiro a mobilizar para as obras moderníssimos e potentes equipamentos, designadamente para perfuração da rocha para abertura e desmonte, extracção e transporte dos escombros.

2. As grandes e imprevistas dificuldades encontradas na fase final dos trabalhos resultantes do súbito aparecimento de zonas geologicamente perturbadas.
3. A realização da escavação subterrânea apoiada em três poços de ataque intermédios, cada um com duas frentes (Cávado, Friande e Ajude) e mais uma frente de ataque pela boca de saída através de uma galeria inclinada.
4. No exercício das funções que desempenhou como responsável pelas obras do túnel de Caniçada desenvolveu ainda importantes acções visando melhorar o mais possível as condições de trabalho, em particular mediante a ventilação das frentes do túnel, manifestando uma permanente preocupação com a segurança do pessoal.

Concluída a obra publicou em 1955 uma separata da Revista Técnica da AEIST sobre o Túnel de Caniçada.

4. A HIDROELÉCTRICA DO DOURO

A Hidroeléctrica do Douro (HED) fora criada em 1953 sob a presidência do Eng.º Paulo Serpa Pinto Marques, tendo o Eng.º Pedro Nunes sido então nomeado Chefe dos Serviços de Engenharia Civil da nova empresa. Refira-se que o Eng.º Pedro Nunes integrava até então os quadros da Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, e fora desde 1947 o principal responsável pela elaboração do Plano Geral do Aproveitamento do Douro. Como Chefe da Repartição de Aproveitamentos Hidráulicos da DGSH, tivera um papel determinante nas negociações entre Portugal e os EUA relativas ao Plano Marshall, que culminaram na decisão de iniciar o aproveitamento hidroeléctrico pelo Douro Internacional e pelo escalão de Picote no âmbito do financiamento daquele Plano. O Eng.º Gonçalves Henriques integrou os

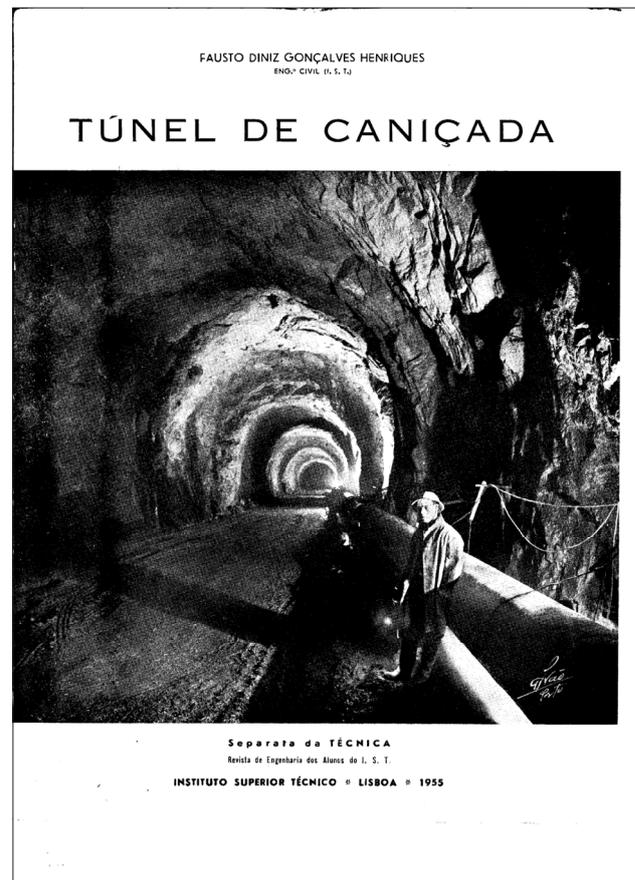


Figura 2. Capa da Separata da Técnica relativa ao Túnel de Caniçada

quadros da HED, de 1955 a 1969, primeiro como Chefe de Divisão de Estudos e Engenharia Civil sob coordenação do Eng.º Pedro Nunes, e a partir de 1959, como Chefe dos Serviços de Estudos de Engenharia Civil, (em substituição do Eng.º Pedro Nunes quando este foi nomeado para o cargo de Director-geral da Administração do Porto de Lisboa), tendo sob a sua responsabilidade directa dirigido os estudos e a elaboração dos projectos dos aproveitamentos hidroeléctricos do Douro Internacional e Nacional e ainda o Plano Geral de Aproveitamentos Hidráulicos do Rio Douro e seus Afluentes, em conjunto com os colaboradores destes Serviços (e integrando a contribuição, mais restrita, dos Serviços de Engenharia Electromecânica da HED).

Por decisão do Conselho de Administração, estes projectos deveriam ser organizados nos termos legais estabelecidos para que pudessem ser apresentados aos Serviços Oficiais (Serviços Hidráulicos e Serviços Eléctricos), tendo como objectivo a obtenção de parecer favorável do Conselho Superior de Obras Públicas e a

homologação ministerial, indispensável para que cada um dos escalões fosse realizado. De harmonia com a orientação superior definida pela empresa, empenhou-se activamente no sentido da HED poder dispor efectivamente de projectos de aproveitamentos hidroeléctricos que merecessem a prioridade de realização.

No Douro Internacional, e a partir de 1955, dirigiu os estudos e a elaboração dos projectos relativos a Picote (com exclusão da barragem propriamente dita, para o qual a HED contou com a colaboração da Hidro-Eléctrica do Zêzere), bem como os projectos dos escalões seguintes, desde logo o projecto do aproveitamento de Miranda, de sua autoria, e o projecto do aproveitamento de Bemposta, também no troço internacional do Rio Douro. Na inauguração do escalão de Miranda foi agraciado com o Grau de Oficial da Ordem Militar de Cristo.

Ainda na Bacia Hidrográfica do Douro dirigiu os estudos e a elaboração do projecto da barragem de Vilar-Tabuaço, cuja administração fora entregue à HED, nos termos do Decreto-Lei n.º 44306 de 27 de Abril de 1962 pelo qual foi cedida à Hidroeléctrica do Douro a concessão que fora outorgada à Hidroeléctrica Portuguesa em 1950. A HED elaborou um novo projecto, procedendo à substituição do tipo de barragem que fora inicialmente prevista no projecto elaborado pelo anterior concessionário.

Em Outubro de 1961 foi apresentado o anteprojecto de Carrapatelo, primeiro escalão a ser considerado no esquema do aproveitamento hidroeléctrico do curso principal do Rio Douro, e integrante do Plano Geral acima mencionado. Neste anteprojecto, a empresa sugeria a construção de eclusas que permitissem viabilizar a navegabilidade deste rio. Uma vez que as decisões ministeriais sobre esta matéria só vieram a ser tomadas no decurso do ano de 1965, a finalização do projecto oficial de Carrapatelo só foi possível de ser concretizada em Março de 1966. Previu-se também a construção a jusante de Carrapatelo do escalão de Atães que permitiria dar continuidade à navegação desde a foz do Rio Douro. Como consequência das reservas formuladas pelas entidades responsáveis pelo abastecimento de água ao Porto – que

não aceitavam a interferência da respectiva albufeira com a captação de Zebreiros, no Rio Douro – vieram os Serviços de Estudos da HED a tomar a iniciativa de localizar a implantação daquele escalão em Crestuma.

Depois de Carrapatelo, foram elaborados os estudos e apresentados os projectos dos restantes escalões do curso principal do rio Douro, nomeadamente Régua, Valeira e Crestuma, ficando por terminar apenas o escalão do Pocinho para a conclusão do aproveitamento integral dos recursos hidroeléctricos do curso principal do Rio Douro quando, em fins de 1969, a HED foi extinta e integrada na CPE. Em relação ao projecto da Valeira, de referir que uma primeira edição do projecto foi ainda entregue à HED no ano de 1969. A realização da obra seguiu-se imediatamente, embora sob uma segunda edição apresentada aos Serviços Oficiais já pela CPE, que, em termos práticos, em tudo era idêntica à edição anterior. Relativamente a Crestuma, foi apresentado pela HED em 1966 um primeiro projecto, que considerava a localização do escalão a jusante de Crestuma, em Atães. Em 1969 foi entregue um segundo projecto designado por “Variante de Atães”, que localizava o escalão já nas proximidades de Crestuma.

(Nota: Só mais tarde, em 1972, veio a CPE a propor um novo local de implantação – Crestuma – Lever, que poderá ser considerada uma nova variante, e que resultou das conclusões dos ensaios em modelo hidráulico entretanto efectuados no LNEC).

O projecto do último escalão do Douro Nacional, a Barragem do Pocinho, já elaborado após a extinção da HED, foi objecto de uma alteração imposta por decisão governamental (1979/80), sobre informação dos antigos Serviços Hidráulicos, a qual preconizava que a Concessionária responsável pela construção da barragem do Pocinho promovesse a construção de uma eclusa idêntica às que já existiam em todas as outras barragens entretanto já construídas no Rio Douro de modo a permitir a sua navegabilidade até Barca de Alva, proporcionando, deste modo, uma via de comunicação fluvio-marítima à região interior de Castela-Leão.

O Eng.º Fausto Gonçalves Henriques dirigiu

no período compreendido entre 1955 e 1960 os estudos e a elaboração do Plano Geral de Aproveitamentos Hidráulicos do Rio Douro e seus Afluentes, nos termos das atribuições cometidas à HED. A Parte deste Plano Geral de maior relevância era o estudo da valorização dos recursos hidroeléctricos da bacia hidrográfica do Rio Douro. A realização deste estudo permitiu confirmar a existência nos afluentes do Douro, e em território nacional de condições favoráveis ao estabelecimento de albufeiras de grande capacidade, susceptíveis de proporcionar não só a completa regularização dos caudais afluentes, mas ainda a compensação daqueles recursos energéticos, por forma a favorecer o equilíbrio do sistema produtor nacional. Na elaboração desse Plano Geral procurou-se atender aos múltiplos aspectos que poderiam contribuir para a valorização económica e social da região, tendo-se reconhecido como

aspectos de maior interesse, para além da energia hidroeléctrica, a rega (valorização hidro-agrícola), a navegação, o abastecimento de água, e a pesca (especialmente as espécies migratórias que existiam do Rio Douro). A componente do Plano Geral relativa aos principais afluentes do Douro veio a ficar concluída em Junho de 1960.

A actividade que teve a seu cargo na HED abrangeu as seguintes Secções e Departamentos: Planos Gerais; Estruturas; Arquitectura; Barragens; Hidráulica; Obras Complementares (transferida para estes Serviços a partir de 1966); Documentação Técnica; Sala de Desenho.

Para além da elaboração dos estudos e da apresentação dos projectos acima mencionados, os Serviços de Estudos da HED tinham a responsabilidade da Assistência Técnica na construção dos aproveitamentos

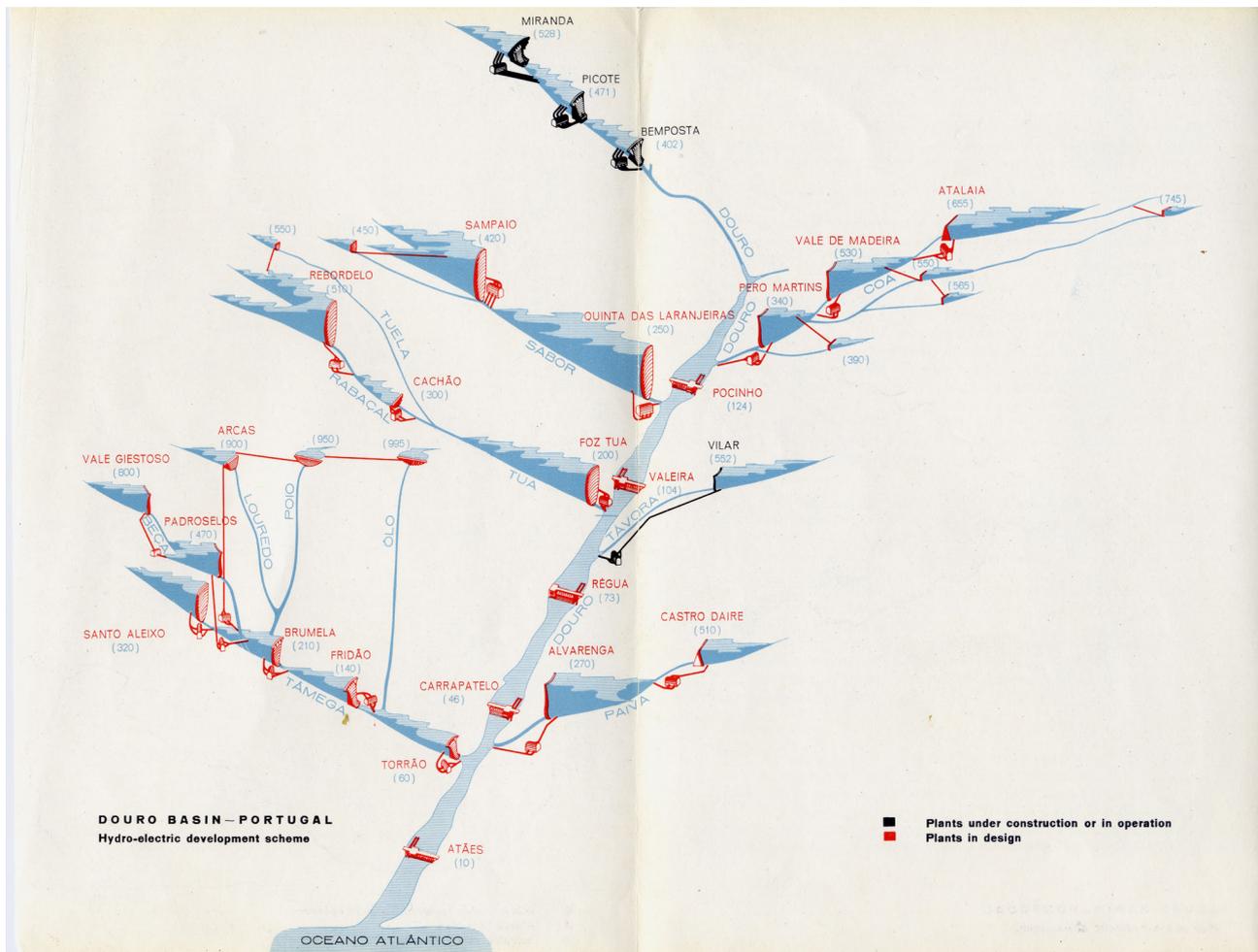


Figura 3. Esquema do Aproveitamento Hidráulico da Bacia Hidrográfica do Douro.

projectados nos seus Serviços e que abrangeram designadamente os seguintes aspectos:

- 1) Definição das bases essenciais nas relações entre a modalidade da execução das obras e as exigências dos projectos, no âmbito da elaboração dos cadernos de encargos destinados a concurso entre empreiteiros deste tipo de obras.
- 2) Verificação durante a fase do concurso da exequibilidade de propostas dos empreiteiros em face das exigências dos projectos.
- 3) Elaboração de elementos pormenorizados, desenhos de execução e alguns elementos complementares necessários à execução das obras de cada um dos escalões.
- 4) Realização de visitas frequentes e periódicas às obras em curso, decorrentes das responsabilidades cometidas aos Serviços em matéria de adaptação às situações finais de escavação, apresentação dos desenhos de execução e bem assim a necessidade de alguns ajustamentos das pormenorizações das disposições construtivas. Coube ainda ao Serviço de Estudos a proposta das linhas de orientação dos projectos já aprovados, e às obras complementares associadas à realização dos aproveitamentos hidroeléctricos do Douro Nacional, nomeadamente a realização das eclusas de navegação, eclusas para espécies migratórias, edifícios industriais, comerciais e de habitação, pontes, vias de comunicação (estradas), preservação de águas termais nalgumas albufeiras, designadamente as de Aregos e de Moledo, entre outras menos significativas.
- 5) Realização de estudos e recolha de informações, com desenvolvimento suficiente, para permitir a preparação dos elementos necessários ao projecto e à construção de novos empreendimentos hidroeléctricos, que se presumia pudessem merecer prioridade de execução. Neste sentido, no final do

período em referência, foram identificadas como susceptíveis de merecer prioridade de elaboração de projectos os seguintes aproveitamentos: Alvarenga (Paiva), Pocinho (Douro) e Quinta das Laranjeiras (Sabor). Ao mesmo tempo, foi celebrado um acordo de colaboração com empresa Hidroeléctrica do Cávado que tinha entretanto concluído a execução de todos os escalões previstos naquela bacia para que simultaneamente se pudesse promover a sequência de realização de aproveitamentos na bacia hidrográfica do Rio Tâmega.

- 6) Estudo, análise e identificação das opções possíveis relacionadas com o direito que ficara reservado à HED, nos termos do Convénio Luso-Espanhol de 1964, de elevar o nível de retenção do aproveitamento previsto nas cabeceiras do Tua: escalão de Rebordelo, no Rio Rabaçal.
- 7) Recolha permanente e sistemática de dados hidrométricos e geológicos e elaboração e aprofundamento de estudos de base, designadamente no âmbito da hidrogeologia e da geologia.
- 8) Acompanhamento e remodelação acessória das obras (na fase de exploração).

Cabe ainda especial menção o papel por si desempenhado de 1959 a 1961 na Comissão Interministerial encarregada do estudo da navegabilidade do Douro, da qual foi o relator. Os estudos levados a efeito sobre o assunto permitiram concluir que, de entre as várias soluções possíveis para as obras de transposição das barragens pelas embarcações, a mais favorável era a que correspondia a eclusas de 85 X 12 m. Seria de toda a vantagem prever-se a utilização de equipamento flutuante de características já comprovadas por experiências a nível europeu. Foi considerado indispensável que se procedesse ao aprofundamento do leito do rio em pequenos troços imediatamente a jusante das eclusas de navegação. Para a exploração da via fluvial seria necessário prover à balizagem do canal navegável, e ao

estabelecimento de pequenos portos fluviais, que além de se destinarem a servir o tráfego respectivo, poderiam ainda proporcionar zonas de abrigo às embarcações durante as cheias. O relatório aprovado pela Comissão manifestou a plena justificação do estabelecimento da navegação fluvial no Douro Nacional.

Os pareceres do CSOP emitidos em 1964 e 1965 sobre esse relatório, foram objecto de despacho de concordância dos Ministros das Obras Públicas, da Economia e das Comunicações em 1965, com a atribuição de toda a prioridade à navegabilidade do Douro, o que permitiu iniciar finalmente nesse mesmo ano a construção da barragem do Carrapatelo, que incluiu a execução da respectiva eclusa de navegação. Esta decisão do Governo implicou a obrigatoriedade de providenciar eclusas de navegação nos escalões do aproveitamento hidráulico do Douro Nacional realizados seguidamente. Sublinha-se ainda que a decisão de autorizar a HED a construir as eclusas de navegação no escalões previstos para o Rio Douro veio premiar o esforço e empenho dos técnicos da HED após um longo período de intenso debate em que defrontaram o influente lobby ferroviário que via a navegabilidade do Rio Douro como um perigoso concorrente ao futuro transporte ferroviário do minério de ferro a extrair das jazidas de Moncorvo, para a qual se preconizava o traçado e a construção de uma nova linha férrea, por Vila Franca das Naves. Merecem destaque as intervenções do Eng.º Duarte Monteverde Abecasis, que então presidia ao Conselho Superior de Obras Públicas e do Eng.º Pedro Nunes, que era então consultor da HED, grandes entusiastas da navegabilidade do Rio Douro. Sobre este tema refira-se a comunicação do Eng.º Gonçalves Henriques intitulada "O Aproveitamento Hidráulico do Douro Nacional e o Transporte de Minério de Ferro de Moncorvo" que foi publicada no Boletim n.º 6 da APRH em Fevereiro de 1979. Importa ainda sublinhar que, em paralelo com as eclusas de navegação, as barragens do Rio Douro Nacional contemplaram "escadas" para as espécies migratórias de peixes vencerem esses desníveis, muito antes de serem obrigatórios os estudos de impacte ambiental nas grandes obras de engenharia.

Publicou em 1961 uma separata na Revista

Técnica da AEIST sobre a Barragem de contrafortes de Miranda.

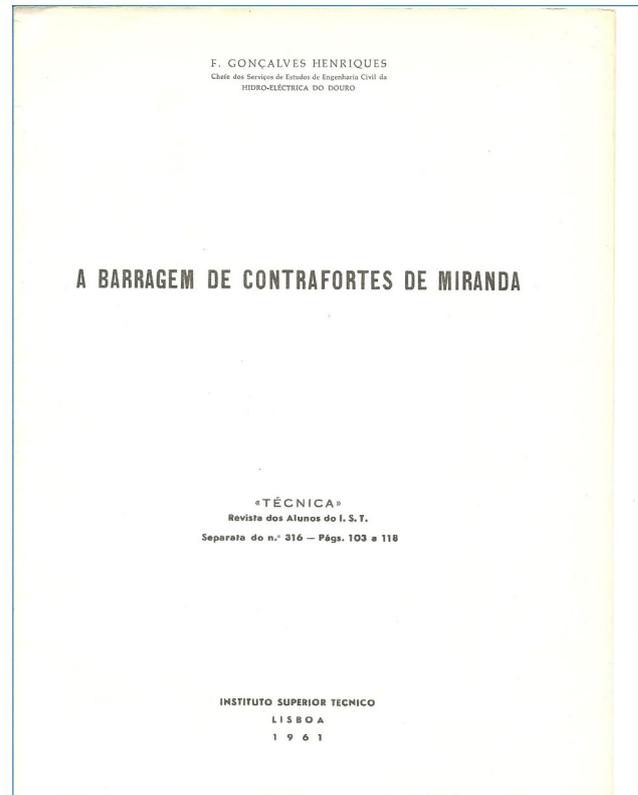


Figura 4. Capa da Separata da Técnica relativa à Barragem de Miranda.

Em Dezembro de 1969 as empresas Hidroeléctricas foram extintas e fundidas na Companhia Portuguesa de Electricidade (CPE) e o Eng.º Gonçalves Henriques foi nomeado Sub-Director da Direcção Central para o Planeamento e Coordenação Económica (DCPCE) da CPE. A fusão de todas as empresas concessionárias da produção e do transporte da rede eléctrica primária, dando origem à Companhia Portuguesa de Electricidade (CPE), veio a traduzir-se numa assinalável quebra do dinamismo e da capacidade empreendedora que fora demonstrada durante as décadas de 50 e de 60 pelas duas principais empresas hidroeléctricas nacionais e que se encontravam sediadas na cidade do Porto, designadamente a HED e a Hidroeléctrica do Cávado (HICA). De destacar que a organização da HED em particular constituía um marco de excelência no panorama empresarial do País, caracterizada por uma cultura de rigor e exigência aliada à

competência, ao dinamismo e ao entusiasmo com que os colaboradores desenvolviam a sua actividade profissional na empresa, ao nível das melhores práticas internacionais. Foi uma verdadeira “escola profissional” para algumas centenas de pessoas.

De referir também que a partir de meados da década de 60 a sequência dos projectos dos aproveitamentos hidráulicos do Douro não tinha paralelo em Portugal, facto que colocou a HED numa posição de clara liderança a nível nacional. As outras duas grandes empresas congéneres, a Hidroeléctrica do Zêzere e a Hidroeléctrica do Cávado (HICA) tinham já completado a execução dos correspondentes planos de aproveitamento das respectivas bacias e decorriam já negociações com vista à cedência da concessão do Rio Tâmega da HED para a HICA.

Importa ainda sublinhar que os aproveitamentos hidroeléctricos projectados e realizados pela HED de 1955 a 1969, contribuíram fortemente para a projecção internacional que a engenharia civil portuguesa alcançou, destacando-se neste aspecto o LNEC, onde foram realizados ensaios em modelos físicos de todos os projectos dos aproveitamentos da HED.

O Eng.º Gonçalves Henriques nunca escondeu o seu profundo desacordo com a fusão das empresas hidroeléctricas, à qual se seguiu uma quebra significativa no ritmo e na capacidade de realização de novos escalões que vinha sendo mantido no Norte do País, no que era incentivado por uma sã concorrência e uma permanente procura de superação pelas duas principais empresas hidroeléctricas sediadas na cidade do Porto. Bastará dizer que a HED e a HICA estavam preparadas para gerir cada uma a construção de um novo escalão de 2 em 2 anos e no seu auge não ultrapassavam cerca de 500 funcionários cada uma, incluindo motoristas, porteiros e estafetas. A fusão daquelas empresas, não permitiu manter os níveis anteriores de capacidade de realização, vindo-se a perder progressivamente a experiência acumulada ao longo de mais de duas décadas por aquelas equipas constituídas por engenheiros e projectistas, cujos méritos eram então alvo de reconhecimento, tanto ao nível nacional como internacional.

Refira-se ainda que a Empresa Termoeléctrica Portuguesa, igualmente integrada na CPE, sempre rivalizou e disputou com as Empresas Hidroeléctricas a prioridade dos novos investimentos públicos para a produção de energia. A criação da CPE em 1969 (que veio a ser sucedida pela EDP) representou o início de uma viragem na política energética nacional, passando-se a dar preferência à expansão de novos grupos térmicos em detrimento da hidroelectricidade, designadamente, através de investimentos relevantes na Central do Carregado em 1974 e em 1976, na Central de Setúbal em 1979, em 1980, em 1982 e em 1983 e na Central de Sines, em 1985, em 1986, em 1987 e em 1989. A construção dos novos escalões hidroeléctricos previstos nos planos elaborados pela Hidroeléctrica do Douro foi sendo sucessivamente adiada, com forte prejuízo para o erário público, uma vez que ao contrário dos recursos hídricos, a matéria prima para a produção de energia nas centrais termoeléctricas é importada. Em consequência desta política energética adoptada a partir da década de setenta, Portugal é dos poucos países da Europa que se dá ao luxo de desperdiçar uma percentagem significativa dos seus recursos hídricos potenciais para a produção de energia eléctrica.

5. SECRETÁRIO PROVINCIAL DE MOÇAMBIQUE

Em finais de 1969 o Eng.º Arantes e Oliveira, primeiro Director do LNEC e Ministro das Obras Públicas de 1954 a 1967, que acompanhara de perto a execução dos planos de aproveitamento dos escalões do Douro, foi nomeado Governador Geral de Moçambique. Muito provavelmente tal nomeação não terá sido alheia ao facto de ter arrancado então em Moçambique o grande projecto da Barragem de Cahora Bassa.

Coincidindo com a extinção por fusão na Companhia Portuguesa de Electricidade da HED, o Eng.º Gonçalves Henriques foi convidado pelo novo Governador para exercer funções governativas no âmbito das Obras Públicas em Moçambique.

Tomou posse do cargo no Governo de Moçambique em Abril de 1970. Após a resignação do Governador Geral que lhe havia

confiado o cargo, entendeu não dever ser reconduzido nas suas funções, que deixou de exercer em Dezembro de 1971.

No desempenho deste seu novo cargo, dirigiu a Direcção Provincial de Obras Públicas, a Direcção Provincial dos Serviços Hidráulicos, os Serviços Autónomos de Electricidade, o Laboratório de Engenharia de Moçambique, a Junta Autónoma de Estradas e Junta dos Bairros e Casas Populares JBCP).

Durante o mandato exercido nos anos de 1970 e 1971, para além do acompanhamento das obras da construção do aproveitamento de Cahora Bassa, e da gestão dos serviços provinciais que dirigia, assumiu especial relevo a extensão notável de estradas asfaltadas, em ritmo muito superior ao que se vinha verificando (nos dois anos de 1970 e 1971 atingiu-se mais de 1 000 km de novas estradas asfaltadas). Para esta realização muito contribuiu a ampliação dos recursos financeiros a ela consignados, com o apoio decisivo do Governador Geral e o impulso que deu à apresentação de um plano rodoviário de todo o território de Moçambique abrangendo a construção de novas estradas e o desenvolvimento e a organização de um correspondente serviço de conservação, e ainda à melhoria de ligações internacionais com territórios vizinhos, desde o Sul ao Norte, bem como à dinamização da construção de algumas pontes em estradas importantes (do Save, e do Zambeze, na cidade de Tete). Igualmente merecedor de realce foi o aumento significativo da actividade de construção de habitações que logrou obter e a reformulação da estrutura orgânica de várias entidades (abrangendo a JBCP) para procurar estabelecer realizações a um ritmo muitíssimo superior ao que vinha sendo praticado. Destaca-se, nomeadamente, o esforço levado a efeito para tentar a realização em Lourenço Marques de um grande conjunto urbanístico (Plano Parcial em Lagoas – Malha I), contemplando uma solução que permitisse uma interpenetração na textura urbana de diferentes extractos sociais da população. Promoveu ainda a elaboração de legislação adequada relacionada com as actividades de construção e de obras públicas, e em particular, a publicação de um diploma legislativo (nº 120/71, de 13 de Novembro)

sobre Regulamento de Segurança do Pessoal e Higiene no Trabalho, aplicável a obras de engenharia civil, que constituiu o único diploma completo até essa data publicado em território português (incluindo o território continental europeu).

6. COMPANHIA MINEIRA DO LOBITO

Fazendo o percurso habitual dos engenheiros que, tendo-se destacado no exercício técnico da profissão, eram seguidamente chamados a desempenhar funções de direcção e de gestão de empresas, exerceu seguidamente o cargo de Presidente do Conselho de Administração da Companhia Mineira do Lobito, empresa então a necessitar de novos rumos para fazer face ao próximo esgotamento dos minérios de ferro de mais alto teor.

No exercício dessas funções procurou orientar a actividade da empresa (recebendo orientação do Governo Português – Ministérios do Ultramar e das Finanças), tendo em vista a prossecução de três objectivos fundamentais: (i) Conseguir a continuidade de uma exploração normal dos minérios de ferro de teor suficientemente elevado nas minas de “Cassinga” (Jamba e Tchamutete); (ii) assegurar o seu transporte; e (iii) garantir a sua exportação (através dos Serviços Provinciais dos Caminhos de Ferro e do Porto de Moçâmedes).

Perante o reconhecimento de que a disponibilidade deste tipo de minério se encontrava já em fase de esgotamento, promoveu uma aceleração dos estudos para o indispensável desenvolvimento de valorização dos recursos de minério de ferro de baixo teor (BHQ-BMQ) naquela zona. Para tal promoveu um estudo aprofundado de caracterização técnica do minério, envolvendo ensaios relativos às possibilidades de concentração de minério à escala industrial em vários laboratórios da especialidade estrangeiros, estudos de peletização, recolha de informação especializada, nomeadamente nas instalações mineiras de ferro na Suécia – LKAB, e uma análise objectiva dos aspectos económicos e financeiros.

Procurou ainda ajuizar possibilidades potenciais de valorização de outros minérios já reconhecidos em áreas reservadas a

esta empresa para a actividade mineira, nomeadamente com a constituição de “joint-ventures” com outras empresas interessadas na exploração desses minérios.

Efectuou deslocações frequentes e prolongadas a Angola, permitindo-lhe conhecer e promover a dinamização das actividades mineiras da empresa nas áreas que lhe estavam atribuídas. Estas deslocações envolviam contactos frequentes com o Governo Geral de Angola.

Promoveu também actividades de apoio a tarefas de importância relevante em que estava empenhada a Companhia, nomeadamente as seguintes: (i) resolução do contencioso da repartição do capital social; (ii) fomento das vendas de minério em condições vantajosas no mercado internacional; e (iii) realização de operações de financiamentos junto de Bancos estrangeiros para assegurar as necessidades financeiras da companhia.

A alteração da situação política em 1974 veio a tornar impraticável o prosseguimento das acções que tinha pretendido desenvolver, tendo pedido logo em Maio de 1974 a exoneração do cargo, a qual só lhe veio a ser concedida no final desse ano.

7. COMPANHIA PORTUGUESA DE ELECTRICIDADE E ELECTRICIDADE DE PORTUGAL

Em fins de 1974 regressou à CPE e passou a exercer funções sobretudo do domínio da organização da gestão financeira e orçamental. Assumiu papel relevante na organização da actividade da EDP após a sua criação por nacionalização de todo o sector da electricidade em Portugal. Fez parte de 1976 a 1981 da Direcção Geral da EDP, como Adjunto do Director Geral e foi responsável pela coordenação dos Órgãos Centrais das Finanças, da Contabilidade, da Auditoria, do Património, da Logística e dos Serviços Jurídicos.

Foi membro suplente do Conselho Consultivo do Mercado Financeiro (o lugar de membro efectivo cabia a um Administrador da EDP) e participou na reunião realizada no dia 28/05/1980, sob a presidência do Senhor Ministro das Finanças e do Plano, na qual manifestou o interesse da EDP em se financiar através de emissões de obrigações proporcionado deste modo um dos meios mais

eficazes então possíveis para a activação do mercado financeiro em Portugal. Na sequência da iniciativa então tomada e dos trabalhos preparatórios levados a cabo em que colaborou muito directa e activamente, a EDP conseguiu ser a primeira empresa pública a ser autorizada em Portugal a fazer emissões de obrigações após 1974. Esta emissão de obrigações veio a ser o ponto de partida para o progressivo reatamento da actividade do mercado de capitais em Portugal, que desaparecera após 1974.

Em 1981, com a extinção da Direcção Geral da EDP, foi nomeado Adjunto, Assessor e novamente Adjunto do Conselho de Gerência da EDP, respectivamente, cargo que manteve até passar à situação de reformado, em Maio de 1986. Neste período, voltou a ter contacto com o tema dos aproveitamentos hidroeléctricos tendo apoiado a Direcção do Equipamento Hidráulico da EDP na coordenação do projecto do Aproveitamento Hidroeléctrico de Almourol no Rio Tejo (que vinha sendo desenvolvido desde 1980), cujos estudos e elaboração estavam confiados a um Gabinete Consultor de Engenharia, participando em orientações e sugestões para essa elaboração, tendo ainda promovido um estudo de viabilidade da utilização do desnível do Rio Tejo a jusante de Almourol. Ao iniciar a responsabilidade pelo projecto, e ao tomar contacto com o trabalho já realizado até essa data, entendeu ser necessário promover um estudo sobre o esquema de implantação da barragem de Almourol, em colaboração com a Direcção do Equipamento Hidráulico da EDP, tendo sido concluído que a hipótese até então encarada teria de ser revista, o que obrigou a procurar uma nova localização da barragem, com base nesse mesmo estudo. Paralelamente, o Eng.º Gonçalves Henriques na primeira metade da década de oitenta e por sua exclusiva iniciativa pessoal (traduzindo o seu inconformismo com a situação de quase abandono da construção de novos centros produtores de hidroelectricidade), foi autor de diversas “Notas” dirigidas ao Conselho de Administração da EDP, analisando diversas questões entre as quais:

- i. Odesajustamento respeitante ao sector da electricidade da disposição estabelecida pela Portaria 737/81, mediante a qual

passou a ser exigido que os encargos financeiros das Imobilizações em curso fossem relevados sob a rubrica de “Custos Plurienais”. A amortização destes encargos deveria ter início logo após a entrada em exploração dos respectivos empreendimentos, e deveria ser feita num prazo máximo de 6 anos, quando estes encargos financeiros chegavam a ser superiores aos respectivos custos técnicos. Desta disposição resultavam custos de exploração totalmente inoportáveis num sector como a electricidade, em que a vida económica dos principais componentes dos empreendimentos pode atingir 30 anos no caso dos respectivos equipamentos e chega a atingir 60 anos no caso das obras hidráulicas fixas; e

- ii. As prioridades atribuídas em função dos resultados da aplicação do modelo de valia eléctrica utilizado pela EDP na valorização e hierarquização temporal dos diversos aproveitamentos por construir. Para o efeito analisou diversas questões subjacentes, nomeadamente quanto:

1. À “energia armazenável”:

- a) Salientando a existência de numerosos aproveitamentos por construir aos quais correspondem valores favoráveis dos custos específicos do investimento, por unidade de energia armazenável (considerando as quedas a jusante), quando comparados com os respeitantes em exploração ou construção.
- b) Alertando para o facto de que, com excepção do aproveitamento do “Alto-Rabagão”, se encontrarem por utilizar as melhores potencialidades nacionais de constituição de armazenamentos hidroeléctricos com elevado índice de regularização, as quais correspondem a locais situados no curso médio ou superior de alguns afluentes do Douro (exemplo: Paiva-Alvarenga, Sabor-Quinta das Laranjeiras,...), de um afluente do Tejo (Ocreza-Alvito) e dos rios Mondego e Guadiana (Alqueva).

- c) Referindo a tendência para o dimensionamento do sistema produtor nacional de electricidade ter passado a considerar predominantemente o aspecto de potência e não o aspecto da energia, como sucedia no período que antecedeu a criação da CPE, período em que se atribuía especial interesse aos aproveitamentos com características de marcada capacidade de regularização interanual.
- d) Mencionando que a análise comparativa dos custos específicos desagregados pelas principais rubricas e em particular a incidência parcial sobre a energia armazenável relativa à função de retenção de água é mais reveladora da aptidão de cada aproveitamento sob este aspecto.
- e) Estranhando que, face à análise comparativa dos custos específicos da energia, não tenha vindo a ser atribuída prioridade de realização de nenhum dos aproveitamentos que revelam melhor aptidão sob esse aspecto, tendo mesmo alguns caído no esquecimento na relação do inventário das potencialidades hidroeléctricas nacionais por aproveitar. Facto agravado pelo facto do sistema produtor hidroeléctrico se encontrar, desde há bastante tempo, fortemente desequilibrado no sentido da predominância da produção “a fio de água”.

2. À “produtibilidade média”

- a) Alertando para a existência de alguns aproveitamentos por construir a que correspondem custos de investimento por unidade de energia produtível que se situam em ordem de grandeza ou inferior aos correspondentes a alguns aproveitamentos em exploração ou em construção.
- b) Apresentando uma comparação entre os custos correspondentes a kWh produtível em aproveitamentos hidroeléctricos, para condições hidrológicas médias, com os correspondentes custos médios previsíveis da produção de origem térmica, sublinhando que a parcela correspondente aos custos variáveis do kWh produzido em centrais térmicas

resulta, por si só, superior ao custo do kwh produzido em aproveitamentos hidroeléctricos, sob determinadas pressupostos, desde logo, desde que a respectiva energia seja inteiramente colocável.

- c) Concluindo que todos os aproveitamentos hidroeléctricos em exploração ou em construção e "em estudo" parecem mostrar que a sua quase totalidade conduzirá a valores competitivos do kwh médio produtivo

3. À "potência"

- a) Alertando para as implicações das variantes equacionadas para alguns aproveitamentos visando o reforço de potência, as quais resultam numa redução do respectivo custo de investimento específico em potência, mas, simultaneamente, um agravamento - por vezes apreciável - do correspondente custo do investimento específico de energia média produtivo.
- b) Sugerindo que a ponderação do dimensionamento de um aproveitamento hidroeléctrico deve ser conduzida, não apenas em relação a diferentes variantes desse aproveitamento com progressivo sobreequipamento, mas analisando também as possibilidades da potência correspondente a esse sobreequipamento ser instalada em outros aproveitamentos, porventura com melhor aptidão para essa finalidade.
- c) Sublinhando que tem havido uma tendência a prever um forte sobreequipamento dos aproveitamentos hidroeléctricos, nem sempre facilmente compreensível perante as características próprias desses aproveitamentos.
- d) Concluindo pelo interesse na consideração de uma eventual revisão dos aproveitamentos ainda não construídos, dos respectivos esquemas de utilização energética e/ou do respectivo dimensionamento.

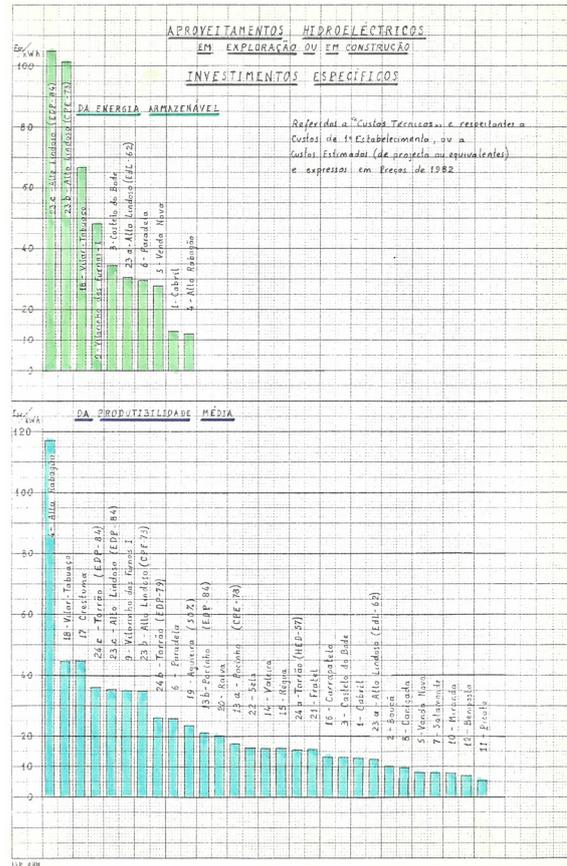


Figura 5. Investimentos Específicos da Energia Armazenável e da Produtibilidade Média para os Aproveitamentos Hidroeléctricos em Exploração e em Construção.

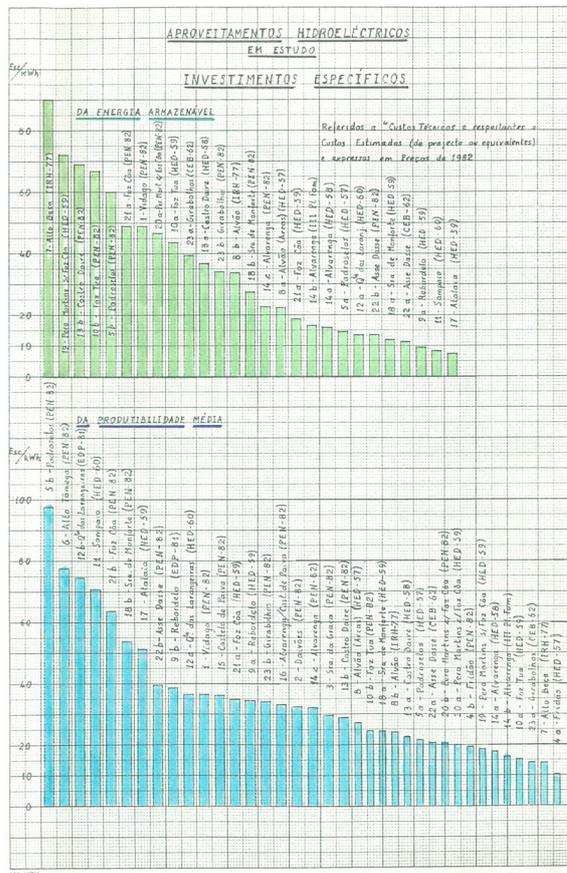


Figura 6. Investimentos Específicos da Energia Armazenável e da Produtibilidade Média para os Aproveitamentos Hidroeléctricos em Estudo

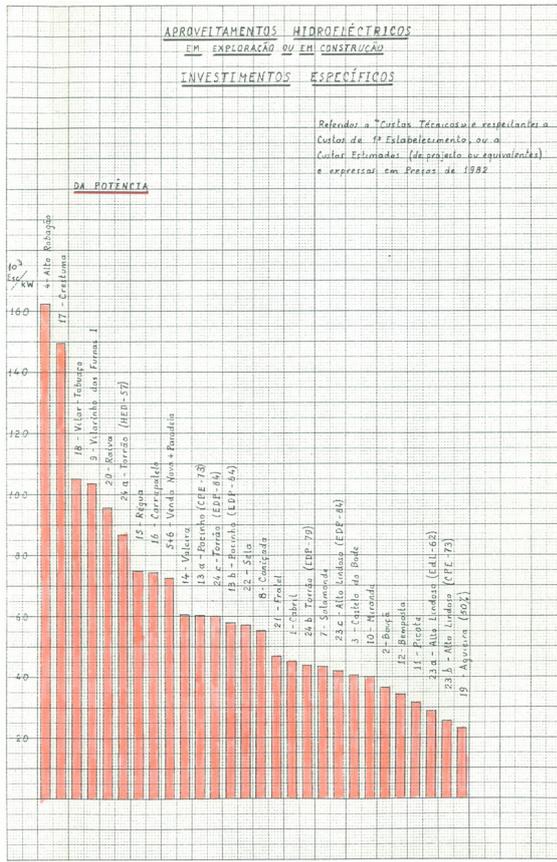


Figura 7. Investimentos Específicos da Potência para os Aproveitamentos Hidroeléctricos em Exploração e em Construção

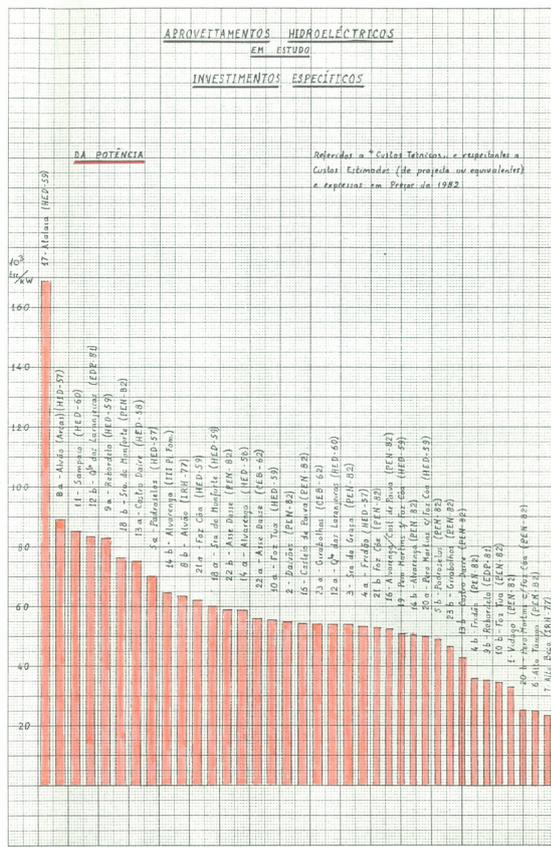


Figura 8. Investimentos Específicos da Potência para os Aproveitamentos Hidroeléctricos em Estudo.

Após um período de alguns meses de baixa por doença em 1985, regressou à EDP por mais um ano e impulsionou a elaboração das peças escritas para serem integradas no projecto do Aproveitamento Hidroeléctrico de Almourol, e bem assim, do estudo de viabilidade de um aproveitamento da queda do Tejo a jusante de Almourol, que poderá vir a ser o Aproveitamento de Santarém.

8. GABINETE DA ÁREA DE SINES

Na sequência do acidente ocorrido no Molhe Oeste do Porto de Sines de Fevereiro de 1979, que inviabilizou o abastecimento por via marítima da Refinaria de Sines, foi contactado pelo segundo Governo de iniciativa Presidencial que encetou então diligências com vista que viesse a ser designado como Presidente do GAS. Contudo, não tendo o Governo podido concretizar a condição que colocara para ser empossado no cargo, designadamente que a sua nomeação não viesse a ser objecto de contestação político-partidária suscitada por Requerimentos de ratificação na Assembleia da República (tratava-se do 2º Governo de iniciativa presidencial), manteve a colaboração com o Governo centrada na concretização de uma solução para a reparação provisória do Molhe Oeste do Porto de Sines. Em Junho de 1980 aceitou o convite para pertencer ao Conselho de Gestão do Gabinete da Área de Sines na qualidade de vogal com a responsabilidade sobre as obras do Molhe Oeste. Foi responsável pela decisão de recomeço imediato dos trabalhos respeitantes às obras de protecção provisória do Molhe Oeste, que tinham sido interrompidas pelo anterior Conselho de Gestão do GAS que fora entretanto nomeado pelo terceiro Governo de iniciativa presidencial. Pediu a exoneração do cargo em Março de 1981 quando considerou estar cabalmente cumprida a missão da reparação do Molhe Oeste de Sines.

Logo que foi contactado pelo Governo em meados de 1979, e com vista a poder dar cumprimento à solicitação formulada, propôs superiormente (e obteve concordância) a criação do Grupo de Apoio Técnico, (de que foi membro), tendo o GAT assumido plenamente o compromisso estabelecido, e definido a solução



Figura 9. Vista aérea da Reparação do Molhe Oeste de Sines.



Figura 10. Explicando no local ao Primeiro Ministro Sá Carneiro e ao Ministro das Finanças as obras em curso de reparação do Molhe Oeste de Sines.

mais conveniente para as obras a realizar para a protecção provisória do Molhe Oeste, com o apoio em resultados de ensaios realizados em modelo físico, os quais foram solicitados ao LNEC. O GAT foi constituído pelo Inspector Geral Eng.º Pedro Nunes, que presidiu, pelo Eng.º Fernando Abecasis e pelo Eng.º Vera Cruz, do Departamento de Hidráulica do LNEC, pelo Eng.º José Espinha, Presidente do Conselho de Administração dos Portos do Douro e Leixões e ainda pelo Eng.º Fausto Gonçalves Henriques. Foi este último quem em casa, nas horas nocturnas de descanso após regressar da EDP, concebeu e dimensionou o novo perfil para o molhe e os elementos que constituiriam o manto resistente do talude do quebramar, constituído por blocos cúbicos modificados Antifer de 60 toneladas, submetendo ao GAT a proposta para discussão e aprovação, com vista a realizar os respectivos ensaios em modelo reduzido, de forma a garantir a adequação e a eficácia da solução projectada. Curiosamente,

já em fim de carreira, voltava assim ao domínio das obras marítimas por onde começara de 1945 a 1947, mas desta vez para acorrer a uma situação de crise nacional, dada a inviabilidade das operações de abastecimento por via marítima das refinarias de Sines e de Leça, em resultado dos temporais de 1978 e de 1979, que destruíram o molhe Oeste de Sines e que causaram um naufrágio ocorrido junto ao Castelo do Queijo que dificultava o acesso ao respectivo terminal em Leça. Em Fevereiro de 1980, com a reparação integral do molhe na zona do Posto 3 concluída, bem como a reparação de um troço da zona do Posto 2 e uma primeira fase da protecção do troço compreendido entre as frentes desses dois Postos já iniciada, o GAT solicitou e obteve a conclusão do mandato para que fora constituída.

9. ÓRGÃOS PARA QUE FOI DESIGNADO COMO REPRESENTANTE DO SECTOR DA ELECTRICIDADE

1977 – 1986 – Representante de Portugal no grupo de Trabalho, depois Comité, da UNIPEDE para os problemas de financiamento.

1980 – 1981 – Membro suplente do Conselho Consultivo de Mercado Financeiro

1976 – 1977 – Membro da Comissão designada pelo Governo para o estudo e negociação das condições de transferência das instalações e serviços do aproveitamento hidroeléctrico do Lindoso, e instalações a ele afectas.

1975 – 1976 – Membro do Grupo de Trabalho da CPE e da EPAL

Comissão designada pelo Sector da Electricidade para analisar questões de interesse comum relacionadas com o abastecimento de água à região de Lisboa a partir da albufeira de Castelo de Bode. Este Grupo de Trabalho, com essa constituição, terminou a sua actividade a partir da criação da EDP.

1975 – Colaborador da CPE para preparar a caracterização da situação financeira e económica da Empresa Insular da Electricidade (Ponta Delgada), SARL, então existente.

1972 – 1974 – Membro do Conselho Consultivo da CPE

Escolhido por convite do seu Conselho de Administração, para se pronunciar sobre aspectos da orientação geral da empresa, enquanto se manteve no desempenho de

missão especial no exercício de funções designadas pelo Governo.

1959 – 1970 – Vogal-Adjunto da Comissão Luso-Espanhola para regular o aproveitamento hidroeléctrico do Rio Douro e seus afluentes, e de análoga comissão respeitante aos rios fronteiriços.

Deixou de prestar estas funções por ter sido designado para uma comissão de serviço como Secretário Provincial de Obras Públicas em Moçambique em Abril de 1970.

1962 – 1969 – Representante da Hidro-Eléctrica do Douro na Comissão de Planeamento e de Novos Centros Produtores de Energia Eléctrica (Plano Intercalar de Fomento).

A partir de Dezembro de 1965 passou a desempenhar uma representação conjunta da Produção e Transporte no Grupo de Trabalho da Comissão Interministerial de Planeamento e Integração Económica (CIPIE), para a preparação do III Plano de Fomento.

1967 – 1969 – Representante da HED na Comissão Nacional da Conferência Mundial de Energia.

1962 – 1965 – Representante da Hidro-Eléctrica do Douro na SCU e CTC da Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares (CPIN).

1959 – 1961 – Representante da Hidro-Eléctrica do Douro na Comissão Interministerial encarregada do estudo da navegabilidade do Rio Douro.

Veio a ser designado como relator da preparação do relatório respectivo.

A Comissão Interministerial (constituída nos termos da Portaria de 13/12/59, no Ministério das Obras Públicas, da Economia e das Comunicações – Diário do Governo nº 29, II Série, de 17/12/1959) foi encarregada de elaborar um estudo que permitisse habilitar o Governo a definir as cláusulas a que a concessionária teria de se subordinar sob o aspecto da navegação no Douro nacional.

10. ÓRGÃOS PARA QUE FOI DESIGNADO NO SECTOR PÚBLICO

1980 – 1986 – Membro do Conselho Consultivo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil
De entre individualidades propostas pela

Direcção do LNEC foi designado para integrar este Conselho Consultivo por despacho ministerial de 21/05/1980. Terminou o seu mandato em fim de Maio de 1986.

1982 – 1986 – Vogal do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes

Na sequência do desempenho de funções de Vogal do CSOPT idênticas às anteriores que se referem seguidamente, tomou posse em 18/08/1982.

1976 – 1982 – Vogal do Conselho Superior de Obras Públicas

Foi designado em 13 de Janeiro de 1976 para o desempenho das funções de Vogal do CSOPT. Terminou as funções atribuídas em 13/01/1982, nos termos regulamentares. Foi-lhe cometida a função de relator na elaboração dos pareceres seguintes, produzidos pela 2ª Secção (Hidráulica):

- Nº 5047 – Aproveitamento Hidro-agrícola do Crato – Barragem do Crato, emitido em, 4/08/1976.
- Nº 5074 – Aproveitamento Hidro-agrícola de Macedo de Cavaleiros – Barragem de Azibo, emitido em 9/02/1978,

1965 – 1970 – Vogal do Conselho Superior de Obras Públicas

Foi nomeado por despacho ministerial para o desempenho das funções de Vogal do CSOP na qualidade de engenheiro especializado em aproveitamentos hidroeléctricos. Participou activamente na apreciação dos pareceres emitidos pela 2ª Secção (Hidráulica) em matérias relativas a aproveitamentos hidroeléctricos, e além disso na elaboração de pareceres considerados de interesse geral pelo CSOP.

1982 – 1983 – Membro da Comissão de Reformulação do Plano geral do Porto de Sines Esta Comissão foi criada por despacho conjunto interministerial em 19/03/1982, no âmbito do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, para emitir parecer sobre o Plano geral do Porto de Sines e os correspondentes projectos, em prazo que foi fixado. A Comissão tinha a seguinte composição: Um Presidente, 6 Vogais e 2 Vogais Agregados, fixando-se no

mesmo despacho que a Comissão poderia recorrer a outros peritos e especialistas.

Foi nesta qualidade que veio a participar nos trabalhos desta Comissão a partir de Setembro de 1982, tendo o respectivo mandato terminado em 20/07/1983.

1961 – 1970 – Membro da Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens.

1948 – 1949 – Missão Especial para Direcção dos Serviços Marítimos

Prestou colaboração em estudos relacionados com as obras de construção dos portos de Peniche, Figueira da Foz e Portimão (análise da exploração de pedreiras), tendo sido convocado pela Direcção dos Serviços Marítimos, integrada também na Direcção geral dos Serviços Hidráulicos a que pertencia.

11. OUTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR SOLICITAÇÃO DE ENTIDADES DO SECTOR PÚBLICO

Por solicitação de órgãos do Sector Público, desempenhou ainda funções de consultor, designadamente em 1970, para aspectos da construção da Barragem de Cabora Bassa (trabalho realizado até à sua designação para comissão de serviço em Moçambique) e consultor para apreciação de estudos e pareceres de engenharia civil que lhe foram solicitados pelo Ministério do Ultramar, designadamente

- Apreciação do “Estudo para o aproveitamento hidráulico das Ilhas Taipa e Coloane”, que teve por finalidade propor um plano para o aproveitamento dos recursos hidráulicos destas 2 ilhas, com vista à irrigação de alguns terrenos e ao abastecimento de água à população.
- Apreciação de projectos elaborados para a recuperação de terrenos alagados, tendo em vista, por um lado, criar áreas para turismo náutico, e por outro lado, permitir a execução de um aterro destinado à expansão da superfície urbana na cidade da Beira, Moçambique.

Tais projectos envolviam ainda o dimensionamento das obras de drenagem quer dos terrenos adjacentes à cidade da

Beira, quer da área urbana; a construção de um sistema de esgotos; o estudo da possibilidade de abastecimento de água para rega dos terrenos beneficiados; a construção de uma muralha de defesa, na zona da Ponta Gea; e a construção de uma barragem no extremo do lago-reservatório a criar.

12. ATIVIDADES NO SECTOR BANCÁRIO EM EMPRESAS AFECTAS À CONSTRUÇÃO CIVIL

De Maio a Dezembro de 1974, enquanto aguardava o resultado de diligências que vinham a ser feitas para ser desvinculado das funções que exercia na Companhia Mineira do Lobito, entendeu responder afirmativamente ao convite que lhe foi dirigido pelo Banco Português do Atlântico para, em regime de tempo parcial, assumir a responsabilidade pelas administração das empresas Compave e Imosal.

Assim, em Maio de 1974 foi investido nas funções de Presidente do Conselho de Administração da Compave, Sociedade de Compra, Administração e Venda de Propriedades, SARL, e de Presidente do Conselho de Administração da IMOSAL, funções que terminaram em fim de Dezembro desse mesmo ano.

Para além das tarefas que desempenhou e que habitualmente cabem a estes órgãos de administração, dedicou-se em particular a:

- Na Compave – Activação e finalização de obras de construção imobiliária.
- Na Imosal – Elaboração de recolha de elementos de base de estudo para uma possível solução de novas instalações principais do Banco Português do Atlântico, em Lisboa, que então se previam. Prestação de Serviços Dedicados ao Banco Português do Atlântico.

13. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, SEMINÁRIOS, SIMPOSIOS E OUTROS

Participou em Congressos, Seminários, Simpósios e outras reuniões dedicados a matérias da especialidade, em particular, temas hidráulicos, energéticos, de investigação científica e financeiros, tendo apresentado comunicações em algumas dessas reuniões.

Citam-se, entre outros, Congresso das Grandes Barragens, Congressos da Navegação, reuniões Parciais da Conferência Mundial de Energia, Congresso de Mecânica das Rochas, Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil, Congressos da UNIPEDE.

14. VISITAS DE ESTUDO QUE REALIZOU

- a diversos aproveitamentos hidráulicos em curso de construção ou em exploração em Portugal, Espanha, França, Suíça, Áustria, Inglaterra, Finlândia e Brasil, destinadas, prioritariamente, à recolha de informação sobre aspectos diversos do projecto e construção desses aproveitamentos, nomeadamente problemas técnicos e soluções adoptadas que se consideraram mais directamente relacionados com os aproveitamentos previstos para Portugal;
- a uma grande empresa de minérios de ferro na Suécia, quando teve responsabilidades na actividade mineira em Angola (Companhia Mineira do Lobito).

15. DISTINÇÕES HONORÍFICAS

5/07/1961 – Agraciado com a Condecoração de Grau de Oficial da Ordem Militar de Cristo

Por ocasião da inauguração do Aproveitamento Hidroeléctrico de Miranda, no Douro Internacional.

16/10/1964 – Medalha Outorgada por Decreto do Ministro de Obras Públicas de Espanha Comemorativa do Aproveitamento Hidroeléctrico de Aldeaávila

Por ocasião da sua inauguração, simultaneamente com a do Aproveitamento Hidroeléctrico de Bemposta, em cerimónia presidida pelos Chefes de Estado de Portugal e de Espanha.

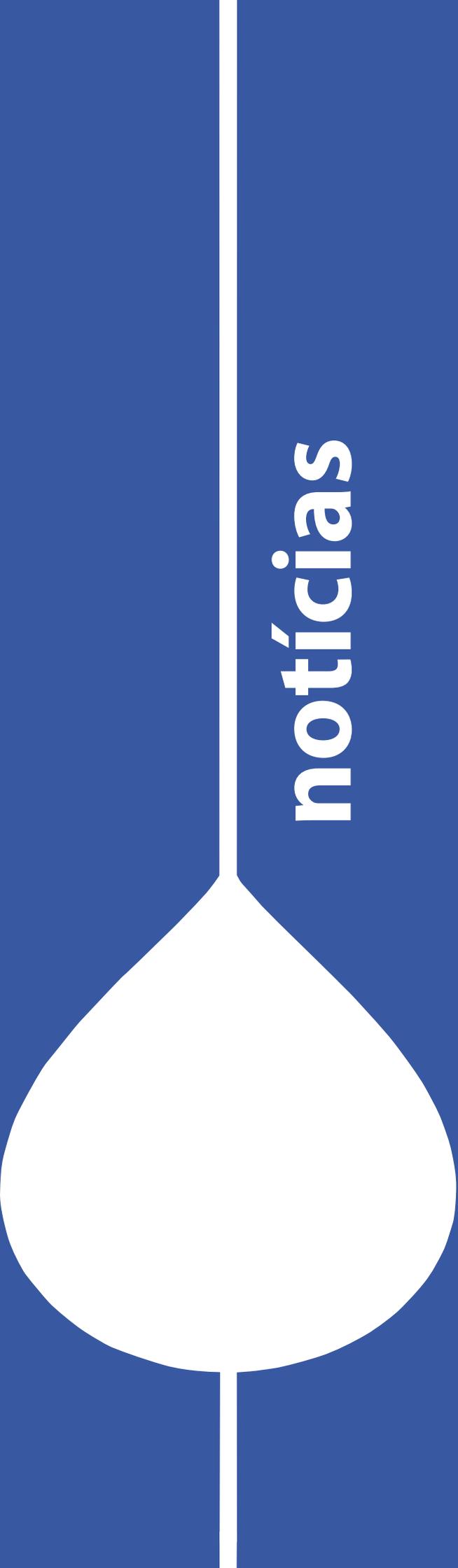
1/04/1966 – Agraciado com a Condecoração da Comenda da Ordem de Mérito Civil de Espanha.

Por ocasião da celebração do novo Convénio Luso-Espanhol para Regular o Aproveitamento Hidroeléctrico do Rio Douro e Seus Afluentes

(Convénio assinado entre o Estado Português e o Estado Espanhol em 16/07/1964, publicado no Diário do Governo de Outubro de 1964 e no Boletim del Estado, em Espanha, em Agosto de 1966).

16. PRINCIPAL BIBLIOGRAFIA PUBLICADA DE QUE FOI AUTOR

- "Obras do Rio Liz - Alguns Aspectos Hidráulicos em Canais de Terra". Separata da Técnica, IST, Lisboa, 1952.
- "Túnel de Caniçada". Separata da Técnica, IST, Lisboa, 1955
- "Problemas de Engenharia Civil em Centrais Nucleares". Nota Técnica nº 7, Companhia Portuguesa de Industrias Nucleares (CPIN), Lisboa, 1959.
- "Implanto di Miranda (Portugallo)". Opera di Scarico, VII Convegno di Idraulica, B,5 Padova, 1959.
- "Solution de Quelques Problèmes de l'Aménagement hydroélectrique du Tronçon International du Douro, dans la Zone Réservée au Portugal". Reunião Parcial da Conferência Mundial de Energia. II B/10, Madrid, 1960.
- Id. Id. Técnica nº 316, IST, Lisboa, Novembro de 1961 (Trabalho em colaboração com outro autor).
- "Le Barrage à Contreforts de Miranda". 7ème Congrès des Grands Barrages, Rome, 1961.
- Id. Id. Técnica nº 316, IST, Lisboa, Novembro de 1961.
- "O Aproveitamento do Rio Douro". Conferência, Rio de Janeiro – São Paulo, Agosto de 1967



notícias

Comissão Interministerial de Coordenação da Água

O Decreto-Lei 76/2016, de 9 de novembro, aprova o Plano Nacional da Água e cria a Comissão interministerial de Coordenação da Água.

O referido diploma no seu preâmbulo explicita a razão da sua criação "... a consciência de que a promoção da política da água não pode ser uma responsabilidade exclusiva do Ministério do Ambiente, pese embora o papel essencial que lhe está cometido em matéria de coordenação e execução desta política, justifica a criação de novos mecanismos de articulação entre entidades públicas competentes e de coordenação de políticas, designadamente no âmbito do espaço marítimo nacional, de acordo com a Lei de Bases da Política de Ordenamento e de Gestão do Espaço Marítimo Nacional, aprovada pela Lei n.º 17/2014, de 10 de abril. Estes mecanismos têm como objetivo primordial promover o consenso e o compromisso, bem como a contratualização das responsabilidades das diversas entidades envolvidas, nomeadamente no âmbito da execução dos programas de medidas.

É, pois, neste enquadramento que é criada a Comissão Interministerial de Coordenação da Água, presidida pelo membro do Governo responsável pela área do ambiente, que poderá contar com a participação dos representantes da Administração Pública e das entidades reguladoras setoriais, por forma a garantir a definição e a partilha de responsabilidades, bem como a necessária articulação dos instrumentos de planeamento e das políticas de recursos hídricos com as outras políticas setoriais.

Esta Comissão deverá, assim, assumir-se como o fórum privilegiado para a coordenação das referidas políticas de água, promovendo o envolvimento de todos os interessados,

nomeadamente dos agentes económicos, e melhorando a qualidade da sua intervenção."

(Fonte: Decreto-Lei 76/2016, de 9 de novembro)

Plano Nacional de Fiscalização e Inspeção Ambiental 2017

O Ministro do Ambiente apresentou no passado mês de Janeiro o Plano Nacional de Fiscalização e Inspeção Ambiental 2017, plano que assenta numa acção integrada da Inspeção Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, Agência Portuguesa do Ambiente, Comissão de Coordenação Regional, GNR e o Serviço de Proteção da Natureza e Ambiente.

O grande objectivo é o reforço do cumprimento da legislação ambiental, com rentabilidade dos meios e de forma mais eficiente.

O Ministro anunciou ainda a criação da Plataforma Única de Inspeção e Fiscalização da Agricultura, Mar e Ambiente, que reunirá toda a informação resultante da actividade de inspeção e fiscalização, e representa um investimento de 1,7 milhões de euros.

(Fonte: www.portugal.gov.pt > mamb)

Portal do Estado do Ambiente: nova plataforma de informação ambiental

Com o objetivo de apoiar a compreensão e divulgação dos dados do Relatório do Estado do Ambiente (REA), documento de referência nacional neste domínio, foi lançado, no dia 29 de dezembro de 2016, o **Portal do Estado do Ambiente**, projeto desenvolvido pela APA em articulação com outras entidades públicas.

Esta nova plataforma digital e interativa proporciona um acesso mais fácil, rápido

e transparente aos dados mais recentes e tendências de evolução, ajudando a compreender a complexidade dos desafios ambientais que se colocam, de forma transversal, a decisores, organizações e cidadãos e contribuindo para melhor tomada de decisão. No REA2016 alarga a informação ambiental a áreas mais abrangentes do ambiente, com ligação à informação europeia e apresenta também uma análise dos dados ambientais e tendências a nível global e nacional. A plataforma alberga, um número diversificado de indicadores sobre o estado do ambiente, apresentados em 49 fichas temáticas, distribuídas por oito domínios ambientais: Economia e Ambiente, Energia e Clima, Transportes, Ar, Água, Solo e Biodiversidade, Resíduos e Riscos Ambientais. Além das fichas temáticas organizadas por domínios ambientais, disponibilizará ao público mais conteúdos relevantes para uma melhor compreensão da complexidade das pressões a que o ambiente está sujeito. Assim, para além de outros portais e relatórios internacionais sobre o estado do ambiente, disponibilizará outras publicações sobre os domínios ambientais, bem como estudos que analisam o impacto de tendências globais sobre o estado do ambiente. Também incluirá, naturalmente, todas as edições do REA disponíveis em formato eletrónico.

(Fonte :adaptado de site rea.apambiente.pt)

Relatório “Climate change – Impacts and vulnerability in Europe 2016”

A Agência Europeia do Ambiente divulgou no passado mês de Janeiro, o relatório ‘[Climate change – Impacts and vulnerability in Europe 2016](#)’.

Trata-se de um documento que contém uma avaliação baseada em indicadores que apresentam a panorâmica global relativa aos impactes climáticos atuais e previstos na Europa, vulnerabilidades e principais riscos.

De acordo com este relatório, devido às alterações climáticas as regiões da Europa enfrentam o aumento do nível do mar e condições meteorológicas mais extremas, como ondas de calor mais frequentes e mais intensas,

inundações, secas e tempestades. O relatório avalia as últimas tendências e projeções sobre as alterações climáticas e os seus impactes em toda a Europa e considera que são essenciais estratégias, políticas e medidas de adaptação, melhores e mais flexíveis, para atenuar estes impactes.

(Fonte: www.eea.europa.eu)

Painel fotovoltaico flutuante no Regadio de Alqueva

A EDIA instalou o primeiro conjunto de painéis fotovoltaicos flutuantes num dos seus reservatórios da rede secundária de rega, o reservatório da Cegonha, do aproveitamento hidroagrícola de São Matias. Trata-se de um sistema off-grid, desligado da rede elétrica, composto por 44 painéis fotovoltaicos flutuantes e com uma potência instalada de 11 kW. Para além deste conjunto de painéis, foi ainda instalado um sistema de armazenamento de energia, com autonomia para 5 dias sem sol, permitindo abastecer os órgãos hidráulicos do reservatório, os sistemas de monitorização e telecontrolo e ainda a Estação de Filtração de um bloco de rega com 2 163 hectares. Esta solução energética evitou a construção de uma linha de média tensão com uma extensão de cerca de 2 quilómetros, que se traduz numa rentabilidade económico-financeira positiva desde o momento de entrada em funcionamento. A EDIA tem vindo a apostar em soluções energéticas amigas do ambiente e ecologicamente compatíveis com um processo de desenvolvimento sustentado que se deseja para a região.

(Fonte: www.edia.pt)

Programa de monitorização da faixa costeira de Portugal Continental (COSMO)

No litoral português, os fenómenos de erosão, galgamento/inundação e instabilidade das arribas (i.e. movimentos de massa de vertente) são reconhecidos ao longo de praticamente toda a faixa costeira, gerando frequentemente situações de conflito de uso com risco para pessoas e bens. Os impactos decorrentes das alterações climáticas, designadamente a subida do nível médio do mar e a modificação do regime de agitação marítima, da sobrelevação meteorológica e da precipitação poderão traduzir-se no estabelecimento ou variação da intensidade da erosão e na modificação da frequência e intensidade das inundações costeiras, aumentando ainda mais a exposição de pessoas e bens a situações de risco.

Atentadas atribuições da Agência Portuguesa do Ambiente em matéria de gestão costeira, vai ser implementado um Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental (Programa COSMO) de âmbito nacional ao longo de três anos. Este Programa assenta numa visão holística e integrada da monitorização costeira, indo proceder à aquisição sistemática e com padrões de recolha, processamento e análise idênticos e padronizados para a totalidade da faixa costeira nacional.

O Programa COSMO inclui a realização de vários trabalhos/tarefas de monitorização nas praias, dunas, fundos submarinos próximos e arribas, designadamente a realização de levantamentos topográficos (com meios terrestres e aéreos) e hidrográficos ao longo de uma série de locais previamente selecionados da faixa costeira de Portugal Continental, designadamente nas áreas de maior vulnerabilidade e com maior exposição de pessoas e bens a situações de risco.

Os resultados obtidos com o Programa COSMO irão contribuir para a otimização da gestão costeira, assente na tomada de decisão informada e atempada baseada em evidências, sendo particularmente relevante:

- Na compreensão dos impactos das alterações

climáticas sobre a faixa costeira e definição das estratégias de adaptação;

- Na definição das estratégias de ordenamento e planeamento costeiro a médio e longo prazo;

- Na avaliação dos efeitos/impactos na faixa costeira das intervenções de proteção/defesa costeira já realizadas e respetivo grau de sucesso;

- Na programação e definição futura de novas intervenções de proteção/defesa costeira;

- No aumento da capacidade de projeção de cenários evolução futura da faixa costeira. O Programa COSMO irá custar cerca de 3.8 milhões de euros, tendo cofinanciamento comunitário em 85% (candidatura efetuada e aprovada ao Portugal 2020 - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos).

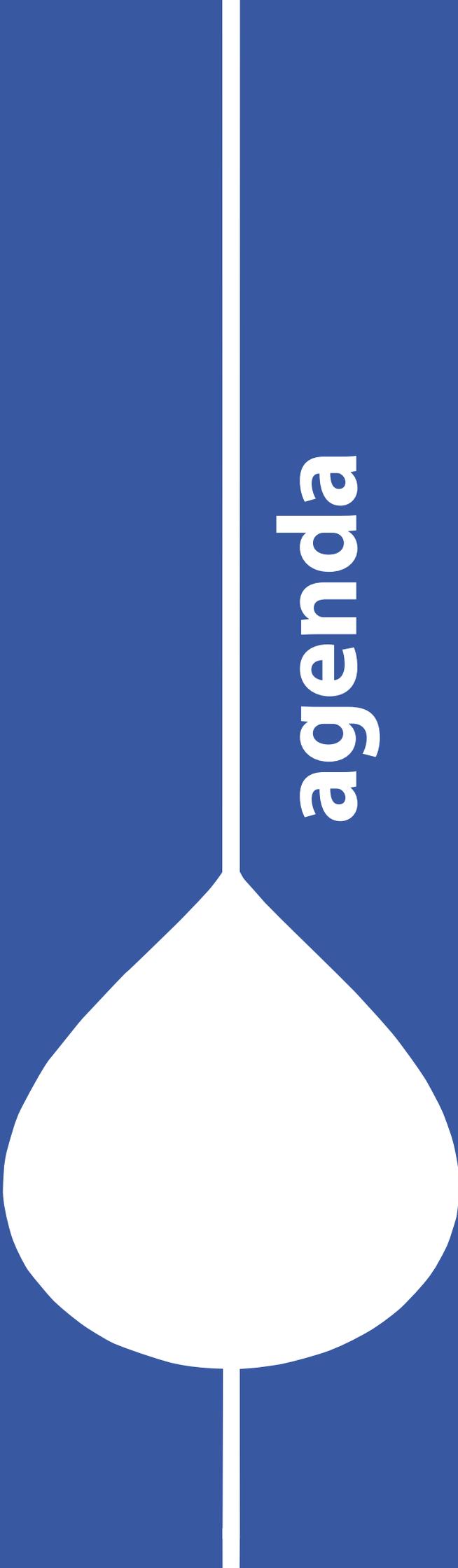


Relatório “Financing urban adaptation to climate change”

Encontra-se disponível para consulta o relatório “Financing urban adaptation to climate change”. Publicado pela Agência Europeia do Ambiente, apresenta estudos de caso que envolvem 11 cidades europeias, entre as quais Lisboa, sobre projetos de adaptação urbana às alterações climáticas, onde são identificadas medidas de proteção face aos danos causados por eventos climáticos com consequências extremas, dificuldades enfrentadas e superadas e principais fatores de sucesso.

A publicação analisa, ainda, mecanismos inovadores de financiamento a nível europeu, destinados a projetos de investimento para recurso de eventuais iniciativas por parte de organismos internacionais, nacionais, regionais e instituições privadas.

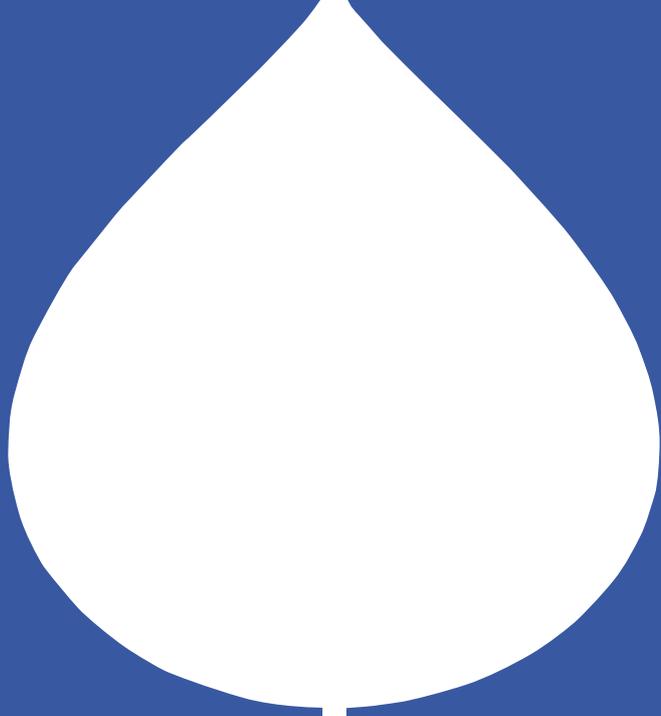
(Fonte: www.eea.europa.eu)



agenda

EVENTOS INTERNACIONAIS

Data	Designação	Promotor	Local
06/04 - 07/04	Pan European Symposium on Water and Sanitation Safety Planning and Extreme Weather Events	International Water Conferences, Dutch Ministry of Health, Welfare and Sport International Water Association Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment	Holanda
10/04 - 12/04	18th UK-IWA YOUNG Water Professional Conference. A water world without Boundaries	IWA	Bath - United Kingdom
10/05	EWA Spring Conference 2017	European Water Association, Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental e Instituto Superior Técnico (centro de investigação e inovação em engenharia civil para a sustentabilidade)	Lisboa
23/05 - 26/05	IV Congresso Internacional de Riscos	Associação Portuguesa de Riscos Prevenção e Segurança	Coimbra
05/06 - 06/06	Forum Mundial de Economia Circular 2017 (WCE FORUM 2017)	Sitra Finnish Parliament	Helsinquia, Finlândia
Setembro	13th SILUSBA Simposio de Hidraulica e Recursos Hidricos de Pais de Lingua Portuguesa	APRH, ABRH, ACRH e AQUASHARE	Porto
29/05 - 02/06	XVI Congresso Mundial da Água da IWRH	International Water Resources Association	México
10/09 - 15/09	14th IWA /IAR International Conference on Urban Drainage	IWA/IAHR Joint Committee on Urban Drainage	Praga, República Checa



acquajuris

Decreto-Lei n.º 42/2016 - Diário da República n.º 146/2016, Série I de 2016-08-0175069303

Altera as normas respeitantes à monitorização dos elementos de qualidade das águas superficiais, das águas subterrâneas e das zonas protegidas relativos ao estado ecológico, procedendo à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, e transpondo a Diretiva 2014/101/UE da Comissão, de 30 de outubro de 2014, que altera a Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000.

Decreto-Lei n.º 42-A/2016 - Diário da República n.º 155/2016, 1º Suplemento, Série I de 2016-08-1275150234

Cria o Fundo Ambiental, estabelecendo as regras para a respetiva atribuição, gestão, acompanhamento e execução e extingue o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade.

Decreto-Lei n.º 46/2016 - Diário da República n.º 158/2016, Série I de 2016-08-1875158990

Estabelece o regime transitório para os títulos de utilização privativa dos recursos hídricos para fins aquícolas em águas de transição.

Lei n.º 31/2016 - Diário da República n.º 161/2016, Série I de 2016-08-2375170439

Terceira alteração à Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, que estabelece a titularidade dos recursos hídricos.

Decreto-Lei n.º 72/2016 - Diário da República n.º 212/2016, Série I de 2016-11-0475662182

Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 92/2013, de 11 de julho, prevendo a criação de sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais por destaque dos sistemas multimunicipais resultantes de agregações.

Decreto-Lei n.º 76/2016 - Diário da República n.º 215/2016, Série I de 2016-11-0975701996

Aprova o Plano Nacional da Água, nos termos do n.º 4 do artigo 28.º da Lei da Água, aprovada pela Lei n.º 58/2008, de 31 de maio, e cria a Comissão Interministerial de Coordenação da Água.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 72/2016 - Diário da República n.º 226/2016, Série I de 2016-11-2475796596

Aprova o Programa Nacional para a Coesão Territorial.

Decreto Legislativo Regional n.º 4/2017/M - Diário da República n.º 21/2017, Série I de 2017-01-30105820646

Cria o Parque Natural Marinho do Cabo Girão e consagra o respetivo regime jurídico.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 26/2017 - Diário da República n.º 23/2017, Série I de 2017-02-01106380300

Aprova a minuta de renovação do contrato de concessão, em exclusivo, do exercício da atividade de recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas, autorizada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2015, de 21 de setembro.

Decreto-Lei n.º 16/2017 - Diário da República n.º 23/2017, Série I de 2017-02-01106380302

Procede à criação, por cisão, do sistema multimunicipal de abastecimento de água do sul do Grande Porto e da Águas do Douro e Paiva, S. A., do sistema multimunicipal de saneamento do Grande Porto e da SIMDOURO - Saneamento do Grande Porto, S. A.

Decreto Legislativo Regional n.º 1-A/2017/A - Diário da República n.º 26/2017, 1º Suplemento, Série I de 2017-02-06106404757

REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA

Aprova o Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores 2016-2021
2016-02-012017-01-01

DIÁRIO DA REPÚBLICA N.º 23/2017, SÉRIE I DE 2017-02-01

Resolução do Conselho de Ministros n.º 26/2017 - Diário da República n.º 23/2017, Série I de 2017-02-01106380300

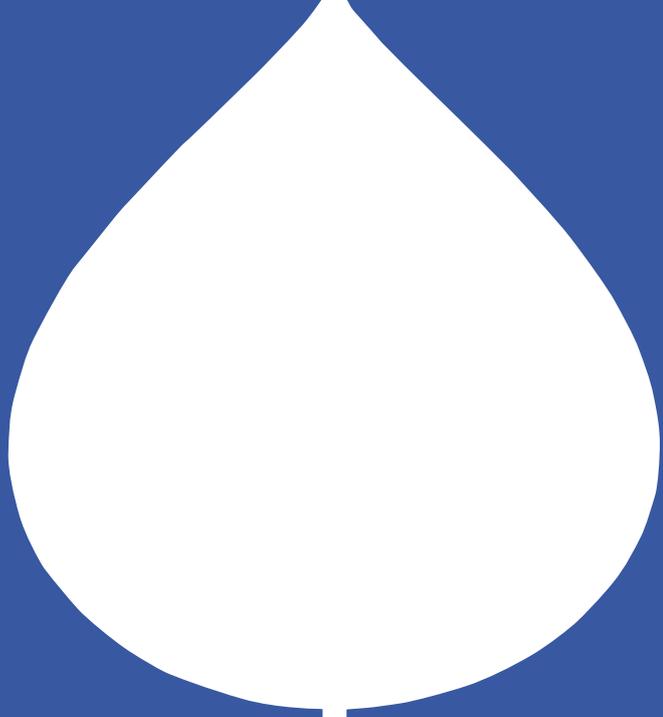
PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS

Aprova a minuta de renovação do contrato de concessão, em exclusivo, do exercício da atividade de recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas, autorizada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2015, de 21 de setembro

Decreto-Lei n.º 16/2017 - Diário da República n.º 23/2017, Série I de 2017-02-01106380302

AMBIENTE

Procede à criação, por cisão, do sistema multimunicipal de abastecimento de água do sul do Grande Porto e da Águas do Douro e Paiva, S. A., do sistema multimunicipal de saneamento do Grande Porto e da SIMDOURO - Saneamento do Grande Porto, S. A.



apoiantes

SEJA APOIANTE DA REVISTA RECURSOS HÍDRICOS

A revista "Recursos Hídricos" é uma publicação da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos que é atualmente divulgada on-line gratuitamente no site da APRH. O primeiro número da revista foi editado em 1980 e desde então já foram editados mais de 100 números.

Este ano considerou-se oportuno iniciar um novo período da vida desta publicação com novo formato e novos conteúdos. Com este novo perfil, a "Recursos Hídricos" vai continuar a difundir desenvolvimentos científicos e técnicos recentes nesta área do conhecimento, mas também trabalhos de referência realizados pelas empresas e gabinetes de consultoria.

Queremos, ainda, que a revista "Recursos Hídricos" seja reconhecida como um meio prioritário para que a administração exponha a sua visão sobre possíveis alterações legislativas e institucionais. A disseminação das reflexões internas da APRH e as sínteses dos eventos que organizamos irão, sem dúvida, aproximar mais os nossos membros e motivar outros especialistas da área a aderir à mais antiga associação do sector e, por isso, fundadora e criadora de uma dinâmica de intervenção que tem sido essencial para atingirmos um nível de resposta aos problemas da água reconhecido internacionalmente como exemplar.

O apoio traduzir-se-á num valor monetário de 200 EUR e terá como contrapartida a inserção do logotipo da entidade apoiante, numa das páginas da revista e em todos os números publicados em cada ano (bianual). Para mais informações contacte o Secretariado da APRH através do mail aprh@aprh.pt.

Pode consultar a revista "Recursos Hídricos" em: <http://www.aprh.pt/rh/>

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS

Os autores interessados em publicar artigos científico-técnicos ou discussões de artigos anteriormente publicados na revista Recursos Hídricos deverão respeitar as seguintes normas:

1. O artigo, necessariamente original e preferencialmente redigido em Português, na forma impessoal, tem de ser entregue em suporte informático. O processador de texto a utilizar deverá ser o Word (Microsoft). São também aceites artigos redigidos em Inglês.
2. O título, o nome do(s) autor(es) e o texto do artigo (incluindo quadros e figuras) devem ser compostos e guardados num ficheiro único, devidamente identificado (por exemplo, artigo.doc). Tal ficheiro tem de conter a indicação, de forma clara, das zonas onde se pretendem inserir as figuras, desenhos ou fotografias. O texto do artigo deve ser corrido a uma coluna, com espaçamento normal e com a extensão máxima de quarenta mil caracteres (incluindo espaços).
3. O título do artigo tem de ser redigido em Português e em Inglês.
4. A seguir ao título deve ser indicado o nome do(s) autor(es) e um máximo de três referências aos seus graus académicos ou cargos profissionais, assim como o número de associado, caso seja membro da APRH.
5. O corpo do artigo tem de ser antecedido do resumo, redigido em Português e em Inglês (abstract). O resumo em qualquer um dos anteriores idiomas não deve exceder dois mil e quinhentos caracteres (incluindo espaços).
6. Os elementos gráficos (figuras, desenhos e fotografias) têm também de ser fornecidos separadamente em suporte informático, num único ficheiro ou em ficheiros individuais, mas sempre devidamente identificados (por exemplo, Figuras.doc, Figura1.jpg, etc.). Não existe qualquer restrição quanto à utilização de cor naqueles elementos.
7. As referências bibliográficas no corpo do texto devem ser feitas de acordo com a norma portuguesa NP-405 de 1996, indicando o nome do autor (sem iniciais) seguido do ano de publicação entre parêntesis. No caso de mais de uma referência relativa ao mesmo autor e ao mesmo ano, devem ser usados sufixos a), b), etc.
8. Os artigos devem terminar por uma lista de referências bibliográficas organizada por ordem alfabética do nome (apelido) do primeiro autor, seguido dos nomes dos outros autores, caso os haja, do título da obra, editor, local e ano de publicação (ou referência completa da revista em que foi publicada). De tal lista só podem constar as referências bibliográficas efectivamente citadas no corpo do texto.
9. Só serão aceites discussões de artigos publicados até dois meses após a publicação do número da revista onde esse artigo se insere. As discussões serão enviadas ao autor do artigo, o qual poderá responder sob a forma de réplica. Discussões e réplica, caso exista, serão, tanto quanto possível, publicados conjuntamente.
10. O título das discussões e da réplica por elas originada é o mesmo do artigo original acrescido da indicação Discussão ou Réplica. Seguidamente, deve constar o nome do autor da discussão ou da réplica de acordo com o indicado no ponto 4.
11. À publicação de discussões e de réplicas aplicam-se as normas antes explicitadas para a publicação de artigos
12. Os artigos e as discussões devem ser enviados por correio electrónico para o endereço da APRH (aprh@aprh.pt). O assunto desse correio electrónico deve elucidar sobre o respectivo conteúdo (por exemplo, submissão de artigo ou discussão de artigo). No corpo do correio, o autor ou os autores têm ainda de sugerir três revisores que considerem adequados, face ao teor científico técnico e ao idioma do respectivo artigo.

Secretariado da APRH
A/c LNEC – Av. do Brasil, 101
1700-066 Lisboa
Portugal

