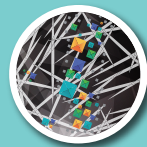


Coordenadores:

Luciano Lourenço

Adélia Nunes

XIV ENCONTRO
NACIONAL
de RISCOS



Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado



RISCOS

Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Coimbra, 2022

Volvida uma década, o Encontro Nacional de Riscos, na sua XIV edição, regressou à Universidade de Coimbra. Depois de vários Encontros terem decorrido de Norte a Sul do território continental e no arquipélago da Madeira, o XIV Encontro, sobre “Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais - Aprender com o Passado”, voltou a Coimbra para visitar as cheias e inundações de 2001, que imprimiram um rasto de destruição em várias bacias hidrográficas nacionais, com destaque para a do rio Mondego, onde o rebentamento de vários diques, a jusante de Coimbra, provocou mais de uma centena de desalojados.

No decurso destas duas décadas, o risco de cheia e de inundação voltou a manifestar-se, com as inundações de janeiro e fevereiro de 2016 a causarem avultados prejuízos na área ribeirinha de Coimbra e, as de dezembro de 2019, a afetarem vastas áreas da planície aluvial do rio Mondego. Assim, diremos que o objetivo deste Encontro, à semelhança de outros anteriores, visou visitar acontecimentos nefastos, para deles retirar os ensinamentos que podem transmitir e, assim, aprender com essa(s) experiência(s) do passado.

Para tal, neste Encontro colocaram-se os agentes de proteção civil, o órgão de gestão das bacias hidrográficas, a empresa de gestão da produção de energia da barragem da Aguieira e o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, a discutir com a comunidade científica as causas e as consequências destes acontecimentos e, sobretudo, a refletir sobre os desafios que se colocam à gestão integrada desta bacia hidrográfica, no intuito de evitar/reduzir o risco de cheias e o consequente risco de inundações no Baixo Mondego.

A expectativa foi a de que, com o envolvimento e articulação de todos, se pudesse reduzir o risco de inundações no Baixo Mondego, através do aumento tanto da resiliência das comunidades, como das capacidades de antecipação e de resposta dos meios de prevenção e socorro em situação de crise. A publicação das intervenções proferidas durante este XIV ENR pretende contribuir para esse desiderato.



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

ESTRUTURAS EDITORIAIS | EDITORIAL STRUCTURES
Estudos Cindínicos

DIRETOR PRINCIPAL | MAIN EDITOR
Luciano Lourenço

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

DIRETORES ADJUNTOS | ASSISTANT EDITORS
António Amaro, Adélia Nunes, António Vieira, Fátima Velez de Castro
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

ASSISTENTE EDITORIAL | EDITORIAL ASSISTANT
Fernando Félix
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

COMISSÃO CIENTÍFICA | EDITORIAL BOARD

Adélia Nunes
Universidade de Coimbra

Ana Meira Castro
Instituto Superior de Engenharia do Porto

António Betâmio de Almeida
Instituto Superior Técnico, Lisboa

António Duarte Amaro
Escola Superior de Saúde do Alcoitão

António Vieira
Universidade do Minho

Cármem Ferreira
Universidade do Porto

Fátima Velez de Castro
Universidade de Coimbra

Helena Fernandez
Universidade do Algarve

Humberto Varum
Universidade de Aveiro

José Simão Antunes do Carmo
Universidade de Coimbra

Luciano Lourenço
Universidade de Coimbra

Romero Bandeira
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

Tiago Ferreira
Universidade do Minho

Tomás de Figueiredo
Instituto Politécnico de Bragança

Antenora Maria da Mata Siqueira
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Carla Juscélia Oliveira Souza
Universidade de São João del Rei, Brasil

Esteban Castro
Universidade de Newcastle, Reino Unido

José António Vega
Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Espanha

José Arnaez Vadillo
Universidade de La Rioja, Espanha

Lidia Esther Romero Martín
Universidade Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

Miguel Castillo Soto
Universidade do Chile

Montserrat Díaz-Raviña
Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

Norma Valencio
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Ricardo Alvarez
Univ. Atlântica, Florida, Estados Unidos da América

Victor Quintanilla
Universidade de Santiago de Chile, Chile

Virginia Araceli García Acosta
CIESAS, México

Xavier Ubeda Cartaña
Universidade de Barcelona, Espanha

Yvette Veyret
Universidade de Paris X, França

LUCIANO LOURENÇO
ADÉLIA NUNES
(COORDS.)



**RISCO DE CHEIAS E RISCO
DE INUNDAÇÕES FLUVIAIS.
APRENDER COM O PASSADO**

EDIÇÃO

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Email: riscos@riscos.pt

URL: <https://www.riscos.pt/publicacoes/sec/>

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Luciano Lourenço e Adélia Nunes

IMAGEM DA CAPA

Karine Nieman

PRÉ-IMPRESSÃO

Fernando Félix

EXECUÇÃO GRÁFICA

Simões & Linhares, Lda.

ISSN

2184-5727

DOI (Série)

<https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6>

Depósito Legal

495408/22

ISBN

978-989-9053-11-3

ISBN Digital

978-989-9053-12-0

DOI

https://doi.org/10.34037/978-989-9053-12-0_10

1.ª Edição

CEGOT
Centro de Estudos de Geografia
e Ordenamento do Território

FCT
Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia



**REPÚBLICA
PORTUGUESA**

Este trabalho é Financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto “UIDB/GEO/04084/2020” e “UIDP/GEO/04084/2020”.

This work is Financed by National Funds through the FCT - Foundation for Science and Technology under the project “UIDB/GEO/04084/2020” and “UIDP/GEO/04084/2020”.

ÍNDICE

PREFÁCIO	9
AS CHEIAS E O RISCO DE INUNDAÇÕES NO BAIXO MONDEGO	15
Monitorização da variação secular dos parâmetros climatológicos em Coimbra: o caso da precipitação para análise de riscos hidrológicos Joana R. Domingues, Maria Alexandra Pais, Paulo Ribeiro, Alcides Pereira e Vasco Mantas	17
Estudo das inundações do rio Mondego a jusante da confluência do rio Ceira até à ponte Açude Teresa Fragoso, João Bravo, António Correia e Luís Araújo Santos	39
Contributos do Laboratório de Hidráulica da Universidade de Coimbra para o estudo das Cheias do Mondego José Afeu Sá Maques, Nuno Eduardo Simões e Fernando Seabra Santos	53
Impactos das grandes cheias do rio Mondego na região de Coimbra - uma resenha histórica João Pardal, Lúcio Cunha, Alexandre Oliveira Tavares, Pedro Pinto Santos e Luís Leitão	75
Gestão do risco de inundações no Baixo Mondego Carlos Luís Tavares	109
Investimentos do PO SEUR na redução de riscos de cheias e inundações. “O exemplo do Baixo Mondego” José Marques Guedes	129
Projetar o futuro revivendo acontecimentos passados: as cheias de 2001 no rio Mondego e na queda da ponte Hintze Ribeiro, no rio Douro José Simão Antunes do Carmo	145
RISCOS DE INUNDAÇÃO NOUTRAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PORTUGAL E DO BRASIL	167
O risco hidrológico no município de Braga: contributo para a sua cartografia Isabel Catarina da S. M. Ferreira, António Bento-Gonçalves e António Vieira	169
Estimativas de caudais de ponta no Parque Natural de Montesinho aplicando o método SCS Tamires Bertocco, Tomás de Figueiredo e Felícia Fonseca	197
Tendências de evolução temporal dos caudais médios diários em bacias de montanha do NE de Portugal Vinícius Kenzo Okada, Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca e Maurício Morerira dos Santos	209

ÍNDICE

A vala de Alpiarça e o risco de inundação em Almeirim Samuel Rodrigues Tomé e Luciano Lourenço	225
Inundações urbanas na Amazónia setentrional, Boa Vista-RR-Brasil Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior	249
Gestão do risco de inundações em Petrópolis (RJ - Brasil). Interface entre diferentes políticas públicas Jacques Manz, Raul Reis Amorim e Carmen Ferreira	269
Contribuição da educação na resolução do risco de inundação: estudo de caso através da observação de imagens Mário Talaia e Pedro Talaia	313

PREFÁCIO

A nível mundial, as cheias e as consequentes inundações fluviais são as catástrofes mais comuns, representando 44% das manifestações registadas no período compreendido entre 2000 e 2019, de acordo com a *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNISDR). Afetaram, nesse período, 1,6 mil milhões de pessoas em todo o mundo, o valor mais elevado quando comparado com outros tipos de catástrofes.

À escala europeia, nestas últimas décadas, as cheias e as inundações representaram cerca de 1/3 das perdas causadas por fenómenos naturais e, na União Europeia, os seus respetivos custos anuais médios ultrapassam 4 mil milhões de euros. Também na região mediterrânea, as cheias e as inundações são consideradas as catástrofes com maior potencial de destruição, sendo de igual modo as que causaram o maior número de vítimas mortais e os danos materiais mais elevados.

Em Portugal, as cheias e as inundações foram, de igual modo, o fenómeno natural mais frequente e mortífero durante o último século. A este propósito, recorde-se o evento ocorrido de 25 para 26 de novembro de 1967, na área da Grande Lisboa, com inundações a causarem um elevado número de mortos, a rondar cinco centenas, milhares de desalojados e inúmeras habitações destruídas. Também as cheias e inundações de 2001 imprimiram um rasto de destruição em várias bacias hidrográficas nacionais, destacando-se a do rio Mondego, onde o rebentamento de vários diques, a jusante de Coimbra, provocou mais de uma centena de desalojados. Em dezembro de 2019, apesar de se terem registado caudais bastante superiores aos assinalados na cheia de 2001, apenas dois diques colapsaram, deixando também vastas áreas da planície aluvial do rio Mondego submersas pela água, inúmeras povoações isoladas, estradas cortadas e danos muito significativos em múltiplas infraestruturas e nos campos agrícolas.

Na bacia do Mondego, à semelhança de outras bacias do território nacional, as cheias e as inundações são seculares e, apesar das obras de regularização realizadas, elas continuam a ocorrer, provocando avultados prejuízos. Pode afirmar-se, todavia, que o estado atual de conhecimento sobre os processos que conduzem à ocorrência de cheias e de inundações se encontra relativamente bem consolidado, integrando processos eminentemente naturais, a que se associam outros fatores desencadeantes ou agravantes de origem antrópica. Como justificar, neste contexto, a contínua manifestação dos riscos de cheia e de inundações, com consequências mais ou menos graves, ano após ano?

Sob o tema “Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado” decorreu nos dias 16 e 17 de julho de 2021, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, o XIV Encontro Nacional de Riscos em que, à semelhança do que aconteceu com edições anteriores, se revisitou um acontecimento particularmente nefasto, cuja efeméride “redonda” ocorreu neste ano, para dele retirar os ensinamentos que pode transmitir e, assim, aprender com essas experiências. Neste Encontro colocou-se a comunidade científica, bem como e, sobretudo, os agentes de proteção civil, os órgãos de soberania regionais/locais, os professores dos ensinos básico e secundário e a população em geral, a refletir sobre o que fazer em caso de situações de catástrofe provocadas pela manifestação dos riscos de cheias e de inundações fluviais, aprendendo com o passado para melhorar o presente e o futuro, tomando consciência de que a frequência e intensidade destes eventos hidrológicos excecionais têm tendência para aumentar e afetar um número crescente de pessoas e bens. Discutiu-se, também, a importância que um eficaz planeamento e ordenamento do território podem ter na redução destas catástrofes e avaliou-se e refletiu-se sobre a importância da educação formal na construção de sociedades mais conscientes e resilientes a tais riscos.

Porque a “memória do risco” tem um papel fundamental na evolução do conhecimento, por ter uma importância determinante na estrutura das ações dos atores sociais e na escolha das tomadas de decisão, tendo em vista a redução dos riscos, presentes ou futuros, baseada na experiência adquirida, o livro que agora se apresenta, para “memória futura”, reúne vários contributos que, de forma complementar, consolidam os conhecimentos e as aprendizagens que se possam retirar do estudo de eventos catastróficos passados. Constitui-se por catorze capítulos, dividido em duas partes; a primeira, sobre “As cheias e o risco de inundações no Baixo Mondego” e, a segunda, sobre “Riscos de inundação noutras bacias hidrográficas de Portugal e do Brasil”.

No primeiro capítulo, intitulado “*Monitorização da variação secular dos parâmetros climatológicos em Coimbra: o caso da precipitação para análise de riscos hidrológicos*”, da autoria de Joana Domingues, Maria Alexandra Pais, Paulo Ribeiro, Alcides Pereira e Vasco Mantas, avalia-se a correlação entre a precipitação, medida na estação meteorológica da Av. Dr. Dias da Silva, em Coimbra, e as cheias registadas nesta cidade. Os resultados obtidos mostram correlações baixas entre os anos de cheias em Coimbra e os anos de maior precipitação anual, sugerindo a necessidade de integração de maior

número de parâmetros de toda a Bacia do Mondego, nomeadamente a intensidade e a duração da precipitação noutros pontos da bacia, o caudal, assim como o uso e ocupação do território, características geomorfológicas da bacia, entre outros.

Teresa Fragoso, João Bravo, António Correia e Luís Araújo Santos apresentam, na sequência o “*Estudo das inundações do rio Mondego a jusante da confluência do rio Ceira até à Ponte Açudé*”, onde procuram avaliar a adequabilidade da utilização de programas de simulação dinâmica de Precipitação-Escoamento como ferramenta para a previsão de cheias. Como caso de estudo adotaram o evento de cheia ocorrido no Mondego, em dezembro de 2019. Pela análise verificou-se que o coeficiente de rugosidade de Manning tem uma forte relevância nos resultados obtidos sendo um parâmetro crucial na calibração do programa, pelo que o conhecimento rigoroso da cobertura vegetal nas margens do rio se torna fundamental, segundo os autores deste trabalho.

José Alfeu Sá Maques, Nuno Eduardo Simões e Fernando Seabra Santos, no capítulo seguinte explanam os “*Contributos do Laboratório de Hidráulica da Universidade de Coimbra para o estudo das cheias na região de Coimbra*” ao qual, na sequência das inundações de 2000/2001 e 2016, foi solicitado uma análise destes eventos. Os estudos requeridos tinham como objetivo explicar as razões da ocorrência das cheias, avaliar o comportamento dos intervenientes na operação de gestão das barragens e retirar ensinamentos para a gestão e atuação futuras. Os resultados obtidos demonstraram que, em ambas as cheias, a gestão das descargas da barragem da Aguieira não foi feita de acordo com os protocolos em vigor, pois, a serem seguidos, os caudais máximos e os níveis de água poderiam ter sido muito reduzidos e as inundações drasticamente mitigadas. Acrescentam, no entanto, outros fatores agravantes dos respetivos impactes: a deficiente manutenção das infraestruturas e da limpeza das margens, bem como o assoreamento do leito junto à cidade de Coimbra. Acresce a necessidade de integração dos conhecimentos mais atuais no domínio da previsão, seja meteorológica, hidrológica ou hidráulica, e das tecnologias de comunicação, para que a decisão do operador possa ser mais bem informada, e que é outra das conclusões evidenciada.

No capítulo seguinte, os autores, João Pardal, Lúcio Cunha, Alexandre Oliveira Tavares, Pedro Pinto Santos e Luís Leitão, fazem um levantamento dos “*Impactos das grandes cheias do rio Mondego na região de Coimbra - uma resenha histórica*”, através da consulta de bases documentais históricas e registos

hidrométricos (antigos e atuais). Assim, no período de 1200 a 2021, identificaram 296 cheias, 32 classificadas de catastróficas e 60 de extraordinárias. Entre os impactos mais relevantes, salientam a perda de vidas humanas, o isolamento das populações, situações de insalubridade e doenças, perdas agrícolas e na pecuária, destruição de infraestruturas hidráulicas e vias de comunicação, habitações, igrejas, conventos e comércio. Concluíram que o Mondego poderá estar parcialmente “domado” pelas atuais estruturas hidráulicas, mas “não controlado”, por isso é necessário adaptar o atual sistema de gestão da Bacia Hidrográfica à realidade atual.

Sobre a “*Gestão do risco de inundação no Baixo Mondego*”, Carlos Luís Tavares conclui, no capítulo que se segue, que as medidas estruturais de proteção são fundamentais na redução dos riscos de cheias e de inundações, acrescentando que, nos eventos de 2000, 2001, 2016 e, principalmente, no de 2019, ficou evidente a necessidade de serem complementadas com o desenvolvimento de atividades não-estruturais. Destaca, neste âmbito, o ordenamento do território, a gestão da emergência e o envolvimento das comunidades locais em todo o processo de gestão do risco.

O “*Investimento do POSEUR na Redução de Riscos de Cheias e Inundações. O Exemplo do Baixo Mondego*”, é o título do capítulo da autoria de José Marques Guedes, no qual se analisa o financiamento comunitário a projetos com o objetivo de Redução de Riscos de Cheias e Inundações, com especial destaque para os investimentos aprovados na Bacia Hidrográfica do Mondego. Assim, no que concerne ao Baixo Mondego foram 7 as operações financiadas, que representam um investimento total superior a 36 M€, destinados principalmente à limpeza de leitos e margens (vegetação e/ou materiais), e a ações para reduzir a impermeabilização dos solos, através da rearboreção das margens em zonas críticas.

No capítulo “*Projetar o futuro revivendo acontecimentos passados. As cheias do rio Mondego e a queda da ponte Hintze Ribeiro*”, José Antunes do Carmo analisa as cheias de 2000/2001 que afetaram a cidade de Coimbra e a planície do Baixo Mondego. Contudo, nesse mesmo ano hidrológico ocorreu a “tragédia de Entre-os-Rios”, com o colapso da ponte Hintze Ribeiro, provocando a morte de 59 pessoas. O Autor é perentório ao afirmar que o colapso da ponte Hintze Ribeiro é um exemplo concreto de resposta do leito aluvionar a alterações antrópicas, só possíveis por manifesta permissividade, gestão inadequada, negligência e fiscalização inexistente. Acrescenta que o fenómeno de erosão localizada, em pilares de pontes construídas em fundos

aluvionares, representa um risco acrescido à segurança da estrutura e dos seus utilizadores. Enfatiza, por fim, a necessidade de estudar e acompanhar as alterações do leito junto aos pilares, mas também ao longo de extensões significativas do rio para montante e para jusante do trecho onde a infraestrutura se encontra implantada.

A segunda parte deste livro, congrega vários capítulos sobre os “Riscos de inundação noutras bacias hidrográficas de Portugal e do Brasil”. No trabalho apresentado por Isabel Machado Ferreira, António Bento-Gonçalves e António Vieira, sobre “*O risco hidrológico no município de Braga: contributo para a sua cartografia*”, constatou-se que apesar do risco hidrológico estar inserido no grande grupo dos riscos naturais, uma vez que a sua manifestação se encontra associada às características do meio natural, também apresenta várias condicionantes antrópicas, sobretudo relacionadas com a evolução da urbanização, sendo de destacar, neste município, as construções nas proximidades dos cursos de água, o aumento das taxas de impermeabilização e as obstruções nos cursos de água e nos sistemas de drenagem.

Os dois capítulos seguintes, versam sobre a resposta hidrológica de cursos de água, localizados Nordeste de Português; o primeiro, da autoria de Tamires Bertocco, Tomás de Figueiredo e Felícia Fonseca, trata “*Estimativas de caudal de ponta no Parque Natural de Montesinho aplicando o método SCS*” e avalia a influência que os lameiros exercem na regulação do ciclo hidrológico em pequenas bacias de drenagem em zonas de montanha; o segundo, da autoria de Vinícius Kenzo Okada, Tomás de Figueiredo Felícia Fonseca e Maurício Morerira dos Santos, analisa as “*Tendências de evolução temporal dos caudais médios diários em bacias de montanha do NE de Portugal*”. Os resultados obtidos, no primeiro destes estudos, mostra a influência da área ocupada por lameiros nas respostas hidrológicas, apontando para um aumento, em cenários de mudanças climáticas, mais expressivo nos caudais de ponta, quando os lameiros estão em condição de abandono. No segundo estudo ficou evidente um decréscimo tanto dos caudais como dos coeficientes de escoamento (valores médios), com a redução da precipitação a significar caudais abaixo do expectável, quando se considera apenas a variação espacial das precipitações na região.

No capítulo seguinte, com o título “*A vala de Alpiarça e o risco de inundação em Almeirim*”, Samuel Rodrigues Tomé e Luciano Lourenço analisam as inundações fluviais ocorridas durante mais de um século, na cidade de Almeirim, com o intuito de perceber se a construção de barragens, no rio Tejo, teve um impacte significativo

na sua redução, tanto em termos de periodicidade como de altura hidrométrica. Os resultados mostram que o risco de inundação diminuiu, contudo o seu controlo só será efetivo quando se promover uma gestão adequada de água descarregada pelas barragens, em plena concertação entre Portugal e Espanha.

Os capítulos que se seguem, de Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior e de Jacques Manz, Raul Reis Amorim e Carmen Ferreira, versam, respetivamente, sobre as “*Inundações urbanas na Amazônia Setentrional, Boa Vista-RR-Brasil*” e sobre a “*Interface entre diferentes políticas públicas na gestão do risco de inundações em Petrópolis, RJ – Brasil*”. No primeiro, analisam-se, de forma integrada, fatores biofísicos e socioeconómicos, essenciais no enquadramento geoespacial do risco de inundação na cidade de Boa Vista, com o intuito de identificar as áreas potencialmente perigosas e socialmente vulneráveis a eventos desta natureza, enquanto no segundo, se analisa a interface entre Políticas Nacionais, seja de Recursos Hídricos ou de Proteção e Defesa Civil, e Sistemas Nacionais, neste caso, o de Unidades de Conservação, na gestão do risco de inundações em Petrópolis.

A fechar este livro, Mário Talaia e Pedro Talaia apresentam o capítulo intitulado “*Contribuição da educação na resolução do risco de inundação: caso através da observação de imagens*”, onde exploram a combinação de fundamentos teóricos, que permitem a interpretação do risco de inundações e a utilização de imagens de diferentes locais, para mostrar as consequências da manifestação deste risco, considerando-a como uma valiosa estratégia na prevenção de eventos futuros.

Trata-se, sem dúvida, de um livro de elevada utilidade para investigadores, decisores públicos, professores e estudantes, com interesse nesta matéria ou com responsabilidade na análise e gestão dos riscos de cheias e de inundações fluviais. A expectativa é a de que, com o envolvimento e articulação de todos, se possa reduzir o risco de inundações no Baixo Mondego, assim como noutras bacias nacionais e internacionais, através do aumento, tanto da capacidade de antecipação, tornando as comunidades mais resilientes, como da capacidade de resposta dos meios de socorro em situação de crise, para mitigar os danos.

Coimbra, 14 de novembro de 2021.

Adélia Nunes

RISCOS DE INUNDAÇÃO
NOUTRAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DE
PORTUGAL E DO BRASIL

**ESTIMATIVAS DE CAUDAIS DE PONTA NO
PARQUE NATURAL DE MONTESINHO
APLICANDO O MÉTODO SCS
PEAK FLOW ESTIMATIONS IN MONTESINHO
NATURAL PARK APPLYING THE SCS METHOD**

Tamires Bertocco

Instituto Politécnico de Bragança
Centro de Investigação da Montanha (Portugal)
ORCID: 0000-0002-5744-8530 bertoccotamires@gmail.com

Tomás de Figueiredo

Instituto Politécnico de Bragança
Centro de Investigação da Montanha (Portugal)
ORCID: 0000-0001-7690-8996 tomasfig@ipb.pt

Felícia Fonseca

Instituto Politécnico de Bragança
Centro de Investigação da Montanha (Portugal)
ORCID: 0000-0001-7727-071X ffonseca@ipb.pt

Resumo: Os lameiros exercem um papel de influência na regulação do ciclo hidrológico em pequenas bacias de drenagem em zonas de montanha. No Parque Natural de Montesinho (PNM), os lameiros estão em regressão de uso devido ao abandono da terra, principalmente por se situarem em zonas com alto declínio demográfico. Nestas condições, através do método SCS (*Soil Conservation Service*), estimaram-se caudais de ponta em dezasseis bacias hidrográficas ocupadas parcialmente por lameiros no PNM, sendo possível identificar diferenças significativas entre categorias de bacias associadas a presença ou não de rio próximo aos lameiros, bem como ao uso e abandono de terra. Além disso,

baseando-se em previsões de precipitação, no contexto de alterações climáticas, simulou-se um aumento de até 86% de nos caudais de ponta até o ano de 2100. À vista das respostas hidrológicas obtidas, percebeu-se o impacto do processo de abandono dos lameiros, principalmente nos caudais de ponta, trazendo efeitos negativos e riscos hidrológicos através da falta ou inadequação do manejo dessas zonas.

Palavras-chave: Pequenas bacias, zonas de montanha, risco hidrológico, resposta hidrológica.

Abstract: The *lameiros* [regional name for semi-natural meadows] are influential in regulating the hydrological cycle in small drainage basins in mountain areas. In Montesinho Natural Park (PNM) *lameiros* are receding as the land is being abandoned, mainly because this mountain region is suffering high demographic decline. In these circumstances, the SCS (Soil Conservation Service) method was applied to estimate peak flows in sixteen catchments partially occupied by *lameiros* in the PNM. Significant differences were identified between catchment categories depending on whether or not there is a permanent stream close to the meadows, as well as between those with *lameiros* in use or facing abandonment. Furthermore, based on predicted rainfall in the context of climate change, an increase of up to 86% in peak flows was estimated for the year 2100. The impact of abandoning *lameiros* on peak flows draws attention to the hydrological risks associated with the lack or failure of management of these areas.

Keywords: Small catchments, mountain areas, hydrological risk, hydrological response.

Introdução

Localizado no Nordeste Transmontano de Portugal, o Parque Natural de Montesinho (PNM), uma Área Protegida composta predominantemente de ecossistemas naturais e semi-naturais, abriga populações e comunidades animais características da fauna europeia e ibérica, como também vegetação natural e diversa que possui grande relevância ao nível nacional e mundial. Neste contexto, os *lameiros* (nome regional para pastagens semi-naturais) contribuem com os serviços ambientais no PNM, como regulação do ciclo hidrológico, e que por meio de sua cobertura herbácea cria uma descontinuidade no terreno auxiliando na proteção contra perturbações externas, principalmente na propagação de incêndios florestais. Todavia, os lameiros estão em processo de regressão de uso devido ao abandono de terras, principalmente por se situarem em zonas de alto declínio demográfico e somados à falta de manejo há o favorecimento para a entrada de vegetação arbustiva nessas áreas, o que dificulta o papel de barreira para a propagação do fogo (Pereira *et al.*, 2005; Azevedo, 2016; ICNF, 2020).

Diante disso, o Projeto HabMonte, instituído pelo ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e Florestas), tem dentre seus objetivos assegurar a proteção e a conservação do PNM a fim de minimizar ou eliminar eventos adversos que indicam-se com potencialidade de gerar prejuízos ambientais. A manutenção das áreas dos lameiros se inclui nessas medidas de prevenção estrutural, uma vez que em períodos de seca o PNM é extremamente suscetível à ocorrência de incêndios e os lameiros são essenciais para desfavorecer esse cenário (ICNF, 2018).

As implicações e consequências do manejo e abandono dos lameiros no quesito ecológico e botânico são amplamente estudados, ao contrário das questões hidrológicas que são pouco exploradas e mal conhecidas. Desse modo, o presente estudo tem como objetivo colaborar com conhecimento e entendimento das respostas hidrológicas perante os efeitos do processo de abandono de lameiros em pequenas bacias hidrográficas do PNM, através da aplicação de uma ferramenta de estimativa de caudais de ponta, nomeadamente o método do SCS (*Soil Conservation Service*). Ademais, foram simulados cenários baseados em alterações climáticas com a redução de precipitações ao longo de 100 anos com a finalidade de analisar as respostas hidrológicas desses cenários comparados à situação actual.

Metodologia

No Parque Natural de Montesinho foram selecionadas bacias hidrográficas que compreendem dezesseis lameiros, que abrangem o concelho de Bragança em Portugal e em uma parte da província de Zamora, na Espanha (fig. 1). A partir das condições dos lameiros em suas respectivas bacias, identificaram-se quatro categorias:

- UcR: Bacias que estão em uso e possuem rio próximo do lameiro;
- AcR: Bacias em abandono e com rio próximo do lameiro;
- UsR: Bacias em uso que não possuem rio próximo do lameiro e
- AsR: Bacias em abandono e sem rio próximo ao lameiro.

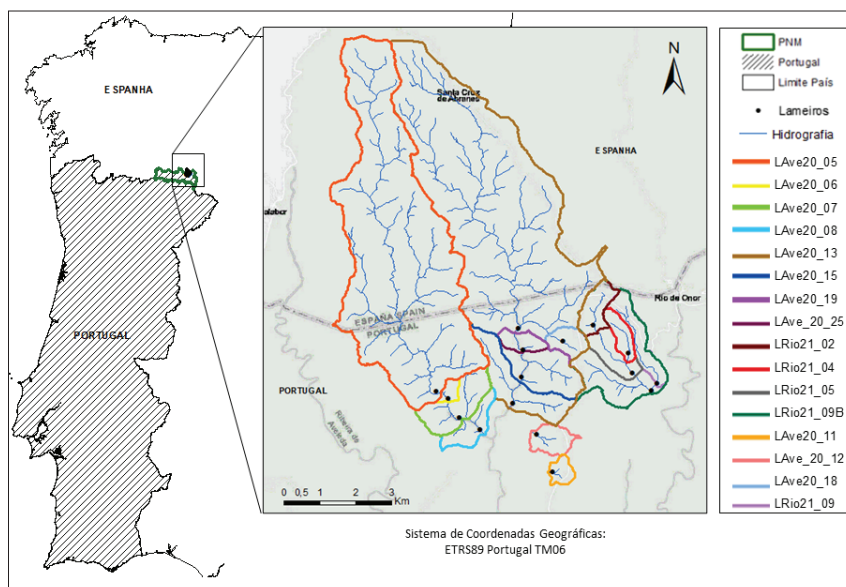


Fig. 1 - Localização das bacias hidrográficas e lameiros em estudo.

Fig. 1 - Location of the catchments and lameiros under study.

Para a aplicação do método SCS, utilizou-se informações das características físicas das bacias (TABELA I) e dados de precipitação a partir da curva de possibilidade udométrica de Portugal Continental, Região B (Matos *et al.*, 1986) para a estimação dos caudais de ponta em períodos de retorno de 2, 10, 50 e 100 anos.

TABELA I - Valores médios das características físicas das bacias estudadas (n = 4 por categoria)
TABLE I - Average values of the physical characteristics of the studied basins (n = 4 per category).

Característica	Unidade	UcR	AcR	UsR	AsR
Área da bacia	km ²	13,5	14,6	1,37	0,44
Área do lameiro	%	0,06	0,06	0,59	1,68
Perímetro da bacia	km	22,58	12,64	17,5	7,65
Altura média da bacia	m	149	140	87	57
Altitude média da bacia	m	846	859	818	823
Tempo de concentração	h	3,37	3,09	0,78	0,51
Declive médio do rio	m.m ⁻¹	0,034	0,034	0,066	0,072
Número de escoamento	-	84	87	86	83

Fonte/Source: Bertocco, 2020.

Para a definição do tempo de concentração utilizou-se o método de Temez (1978), o qual apontou maiores valores comparado ao método de Giandotti (1953), indicando uma perspectiva mais crítica, ou seja, um maior tempo para que a bacia contribua com o escoamento superficial até o seu exutório (McCuen, 1982; Bertocco, 2020). Para a determinação do número de escoamento, de acordo com a descrição de Lencastre e Franco (2006), foram considerados: (i) a condição antecedente de humedecimento do solo AMC III (*Antecedent Moisture Conditions*), (ii) o tipo hidrológico dos solos e (iii) o tipo de coberto vegetal, estes obtidos a partir de mapas de solos e de uso e ocupação do solo da área de estudo (Okada, 2019; Moreira, 2017).

A fim de analisar o comportamento hidrológico das bacias sob a influência de diferentes cenários, propôs-se simulações no contexto de alterações climáticas considerando o aumento das intensidades das chuvadas, provocado pela diminuição do número e dias de precipitação anual. Desse modo, segundo a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC), admitiu-se para o cenário climático A e B uma redução do número médio de dias de precipitação no ano, o qual, assumindo uma projeção conservativa das precipitações totais anuais, se deverá traduzir, no mínimo, por um incremento de 21% e 32% nas intensidades de precipitação, respectivamente (TABELA II).

TABELA II - Informações de base para a simulação de cenários de alterações climáticas.

TABLE II - Background information for simulating climate change scenarios.

Cenário	Período	Nº médio de dias de chuva/ano	Acréscimo na intensidade
Actual	Histórico (1996 – 2005)	99	-
A	2040 – 2070	82	21%
B	2071 – 2100	75	32%

Fonte/Source: Adaptado de EMAAC, 2016.

Resultados e discussão

Foram obtidos, através da aplicação do método SCS, os valores médios dos caudais de ponta (TABELA III), e analisados os seus respetivos desvios padrão por categoria e para períodos de retorno distintos (fig. 2).

TABELA III - Média de caudais de ponta por categoria de bacia.

TABLE III - Average peak flows per basin category.

Período de retorno (anos)	UcR ($m^3.s^{-1}$)	AcR ($m^3.s^{-1}$)	UsR ($m^3.s^{-1}$)	AsR ($m^3.s^{-1}$)
2	3,1	4,5	0,3	0,1
10	10,3	13,5	1,2	0,2
50	19,0	23,8	2,3	0,5
100	23,7	29,3	2,9	0,7

Nota. UcR- Em uso e com rio; AcR- Abandonado e com rio; UsR- Em uso e sem rio; AsR- Abandonado e sem rio

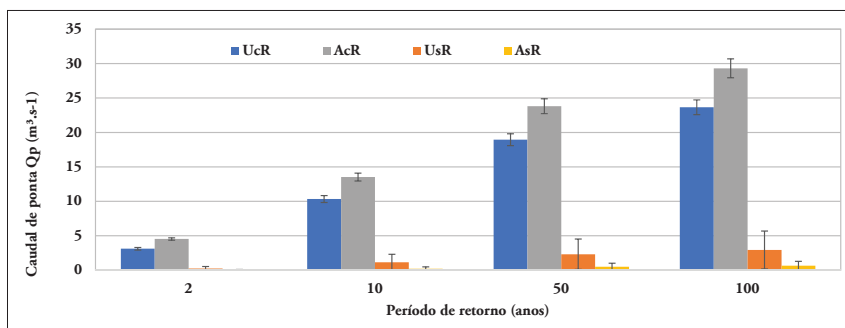


Fig. 2 – Médias dos caudais de ponta por categoria e períodos de retorno.

Fig. 2 – Average peak flow rates per category and return period.

Como esperado, o aumento nos caudais de ponta em todas as categorias de bacias com o período de retorno é menos do que proporcional a este. Contrastando os períodos de 2 a 100 anos, observa-se um incremento de $20,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para bacias UcR, $24,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para AcR, $2,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para UsR e $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para AsR nos caudais de ponta. Estes incrementos refletem o acréscimo nas intensidades das precipitações calculados com as curvas de possibilidade udométrica para os referidos períodos de retorno.

Para as categorias UsR e AsR, devido a grande diferença de extensão das áreas de drenagem entre as bacias, nota-se um elevado desvio padrão e coeficiente de variação acima de 100%, o que é recorrente em estudos hidrológicos envolvendo caudais e precipitações, de acordo com Naghettini *et al.* (2007). Já as categorias UcR e AcR apresentaram os maiores valores de caudais de ponta, uma vez que as médias globais das áreas dessas bacias são superiores comparadas às categorias sem rio (UsR e AsR), conforme a TABELA I apresenta.

Observa-se ainda que existe uma diferença de aumento expressiva de 12%, em média, nos caudais das bacias UcR quando comparados com as bacias AcR, em todos períodos de retorno. Em contrapartida, há uma diferença de diminuição no caudal entre as bacias UsR e AsR, a qual é de apenas 2%. Esse efeito de contradição de tendências pode ser justificado pela influência do número de escoamento, uma vez que a média dos caudais de ponta possuem suas variações de acordo o número adotado, ou seja, na categoria UcR para AcR há um aumento no número de escoamento, conseqüentemente um aumento no caudal médio. Já na categoria UsR para AsR há uma diminuição do número de escoamento, como também no caudal médio. Para além disso, pode-se considerar a interferência da área dos lameiros na dimensão das bacias, os quais são proporcionalmente maiores em bacias menores (UsR e AsR) e seu abandono impacta diretamente o número do escoamento (Caviedes-Voullième, 2012).

Para o efeito da simulação de cenários de mudanças climáticas quanto aos caudais de ponta das bacias hidrográficas, traduz-se os valores médios absolutos por categoria (TABELA IV e a fig. 3), sendo o cenário A: aumento de 21% nas intensidades das precipitações e o cenário B: aumento de 32% nas intensidades de precipitações.

TABELA IV - Média dos valores absolutos de caudais para os cenários A e B.

TABLE IV - Average of absolute peak flow values for scenarios A and B.

Período de retorno (anos)	Cenário	UcR ($m^3.s^{-1}$)	AcR ($m^3.s^{-1}$)	UsR ($m^3.s^{-1}$)	AsR ($m^3.s^{-1}$)
2	A	5,11	7,09	0,51	0,09
	B	6,28	8,56	0,67	0,12
10	A	15	19,17	1,87	0,38
	B	17,61	22,29	2,28	0,5
50	A	26,28	32,46	3,48	0,82
	B	30,29	37,16	4,13	1,02
100	A	32,33	39,46	4,3	1,04
	B	37,04	44,95	5,06	1,29

Nota. UcR- Em uso e com rio; AcR- Abandonado e com rio; UsR- Em uso e sem rio; AsR- Abandonado e sem rio.

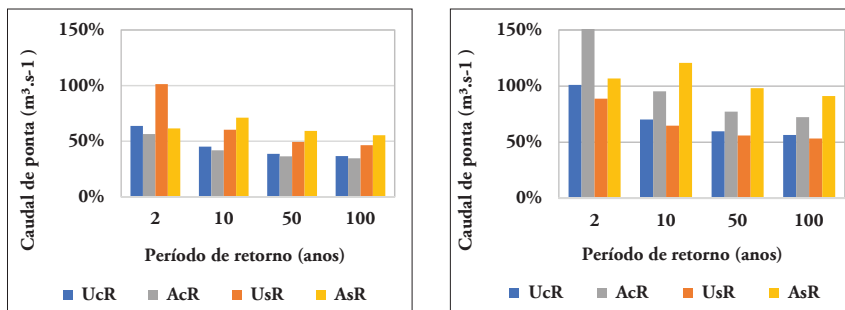


Fig. 3 - Médias de caudais de ponta por categoria e período de retorno:
 A: Cenário com o aumento de 21% na intensidade das precipitações;
 B: Cenário com o aumento de 32% na intensidade das precipitações.

*Fig. 3 - Average peak flow rates by category and return period:
 A: Scenario with 21% increase in rainfall intensity;
 B: Scenario with a 32% increase in rainfall intensity.*

Por meio da análise da fig. 3 e a TABELA IV, pode-se verificar que há um aumento nos caudais de ponta para todas categorias ao longo dos períodos de retorno, sendo um acréscimo global de 54 % para o cenário A até o ano de 2070 e 86% para o cenário B até o ano de 2100. Entre os períodos de retorno menores, como o de 2 anos, houve um crescimento médio global acentuado de 71% e 116% para os cenários A e B, respectivamente. Em contrapartida, nos períodos de retorno maiores, observa-se um decréscimo médio global em ambos os cenários.

Considerando as categorias UcR e AcR, nota-se que o acréscimo relativo global é menor (44% no cenário A e 87% no cenário B) comparados às categorias UsR e AsR que apresentaram um acréscimo relativo global de 63% no cenário A e no cenário B o resultado é ligeiramente inferior, cerca 85%. Essas relações não lineares foram também observadas em estudos de pequenas bacias do Mediterrâneo (López-Tarazón, 2010; Fortesa *et al.*, 2019), indicando que diferentes fatores condicionam as respostas hidrológicas e a intensidade da precipitação total é um fator impulsionador para essa complexidade nos resultados.

No contexto de condições de abandono dos lameiros, nas categorias AcR e AsR, observa-se um aumento mais expressivo nos caudais de ponta comparados às bacias que possuem lameiros em uso (UcR e UsR), com exceção no período de retorno de 2 anos no cenário B. Desse modo, conforme Nadal-Romero *et al.* (2016), o abandono de terras contribui para a geração de maiores caudais em eventos excepcionais se comparadas a bacias hidrográficas florestadas ou em uso. Ademais, o abandono e a degradação do solo podem promover e aumentar o escoamento superficial e o rendimento de sedimentos (Lesschen *et al.*, 2008).

Quanto ao cenário A, em todos os períodos de retorno, os acréscimos dos caudais de ponta são superiores nas categorias UsR e AsR relacionados às categorias UcR e AcR. Estes resultados podem indicar que as bacias de menor extensão sofrem maior influência das mudanças climáticas perante o aumento de intensidade das precipitações, evidenciando que pequenas bacias hidrográficas são uma ferramenta para uma melhor percepção em contextos de aumento da demanda de recursos hídricos (Burt *et al.*, 2015), mudanças no uso da terra e em projeções de alterações climáticas (Tetzlaff *et al.*, 2017).

Conclusão

Mediante às estimativas de caudais de ponta foi possível observar e compreender efeitos distintos entre as categorias das bacias hidrográficas relacionando condições de uso e abandono e da presença ou não de rio próximo aos lameiros. As categorias UsR e AsR, evidenciaram através da aplicação do método SCS, que o número de

escoamento e área do lameiro associada proporcionalmente à extensão da bacia são os fatores de maior influência nas respostas hidrológicas obtidas.

Nos cenários de mudanças climáticas, verificou-se que o aumento é mais expressivo nos caudais de ponta nas categorias em que os lameiros estão em condição de abandono. Nestas circunstâncias, os impactes negativos e riscos hidrológicos podem ser gerados através do aumento do escoamento superficial, consequentemente transporte de sedimentos e erosão do solo. Além disso, com o abandono dos lameiros, pode haver o favorecimento à degradação da paisagem, diminuição da biodiversidade, invasão de vegetação arbustiva que possibilita risco de incêndios.

Desse modo, a intervenção do Projeto HabMonte é de extrema importância para a manutenção dessas áreas de lameiros, principalmente para a prevenção dos riscos hidrológicos em que as pequenas bacias hidrográficas estão condicionadas e que podem impactar diretamente o PNM.

Bibliografia

- Azevedo, J., Cadavez, V., Arrobas, M., & Pires, J. (2016). *Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades*.
- Bertocco, T. (2020). *Caudais de ponta de cheia em bacias de drenagem de lameiros do Parque Natural de Montesinho: estimativas pelo método Soil Conservation Service (SCS) sob cenários de mudança global. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental)* Instituto Politécnico de Bragança e Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Bragança. 79 p.
- Burt, T. P., & McDonnell, J. J. (2015). Whither field hydrology? The need for discovery science and outrageous hydrological hypotheses. *Water Resources Research*, 51(8), 5919-5928.
- Caviedes-Voullième, D., García-Navarro, P., & Murillo, J. (2012). Influence of mesh structure on 2D full shallow water equations and SCS Curve Number simulation of rainfall/runoff events. *Journal of hydrology*, 448, 39-59.
- EMAAC (2016). *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas – Município de Bragança*. Projeto ClimAdaPT.Local Câmara Municipal de Bragança. Disponível em: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=395> (acedido a 8/09/2020).
- Fortesa, J., Latron, J., García-Comendador, J., Tomàs-Burguera, M., Calsamiglia, A., & Estrany, J. (2020). Multiple temporal scales assessment in the hydrological response of small mediterranean-climate catchments. *Water*, 12(1), 299.
- Giandotti, M. (1953). *Considerazioni idrologiche sulle piene del Po: con speciale riguardo alla piena del novembre 1951 [a cura della Commissione d'organizzazione del Congresso presso il Consiglio superiore dei lavori pubblici in Roma]*. Istituto poligrafico dello Stato.

- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2018). *Projeto de Prevenção Estrutural e Conservação de Habitats Naturais Protegidos e Espécies Prioritárias do Parque Natural de Montesinho - HabMonte*. Memória Descritiva.
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2020). Classificação e Caracterização do Parque Natural de Montesinho. Consultado em 5 jul 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/ap/p-nat/pnm/geo>
- Lencastre, A., Franco, F. M. (2006). *Lições de Hidrologia*. 3ª ed. Lisboa: Universidade. 451p.
- Lesschen, J. P., Cammeraat, L. H., & Nieman, T. (2008). Erosion and terrace failure due to agricultural land abandonment in a semi-arid environment. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 33(10), 1574-1584.
- López-Tarazón, J. A., Batalla, R. J., Vericat, D., & Balasch, J. C. (2010). Rainfall, runoff and sediment transport relations in a mesoscale mountainous catchment: The River Isábena (Ebro basin). *Catena*, 82(1), 23-34.
- Matos, M. R. e Silva, M. H., (1986). Estudos de precipitação com aplicação no projecto de sistemas de drenagem pluvial. Curvas intensidade-duração-frequência da precipitação em Portugal. *Encontro Nacional de Saneamento Básico*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- McCuen, R. H. (1982). *A guide to hydrologic analysis using SCS methods*. Prentice-Hall, Inc..
- Moreira, F. D. (2017). *Protótipo do Atlas da Qualidade do solo e Cartografia da suscetibilidade à contaminação de solos*. Lisboa: Universidade de Lisboa. Relatório de Estágio.
- Nadal-Romero, E., Cammeraat, E., Serrano-Muela, M. P., Lana-Renault, N., & Regüés, D. (2016). Hydrological response of an afforested catchment in a Mediterranean humid mountain area: a comparative study with a natural forest. *Hydrological Processes*, 30(15), 2717-2733.
- Naghetini, M., Pinto, É. J. D. A. (2007). *Hidrologia estatística*. CPRM
- Okada, V. K., (2019). *Escoamentos fluviais e riscos hidrológicos em bacias de montanha do Parque Natural de Montesinho, NE de Portugal: variabilidade espacial e tendências temporais. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental)*. Instituto Politécnico de Bragança e Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Bragança. 102 p.
- Pereira, L. S., Sousa, V. S.(2005). Lameiros e prados de lima, uma paisagem das terras altas húmidas de Portugal. *V Seminário Internacional CYTED-XVII*. Un enfoque para la gestion sustentable del agua: Experiencias en zonas humedas.
- Ranzan, A.N. (2020). *Caracterização das bacias de drenagem dos lameiros da Alta Lombada e Onor, Parque Natural de Montesinho. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental)*. Instituto Politécnico de Bragança e Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Bragança. 102 p.
- SCS – SOIL CONSERVATION SERVICE (1956). Hydrology, National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10. *Soil Conservation Service, USDA*. Washington, DC.
- Temez, J. R. (1978). *Calculo hidrometeorológico de caudales maximos em pequenas cuencas naturales*. Madrid: Ministério de Obras Publicas y Urbanismo (MOPU). Direccion General de Carreteras, n. 12.
- Tetzlaff, D., Carey, S. K., McNamara, J. P., Laudon, H., & Soulsby, C. (2017). The essential value of long-term experimental data for hydrology and water management. *Water Resources Research*, 53(4), 2598-2604.

SÉRIE ESTUDOS CINDÍNICOS

Títulos Publicados:

- 1 *Incêndios em Estruturas. Aprender com o Passado;*
- 2 *Educação para a Redução dos Riscos;*
- 3 *Metodologia de Análise de Riscos através de Estudos de Casos;*
- 4 *Riscos Hidrometeorológicos;*
- 5 *Pluralidade na Diversidade de Riscos;*
- 6 *Risco Sísmico - Aprender com o Passado;*
- 7 *Territórios em Risco;*
- 8 *Resiliência ao Risco;*
- 9 *Madeira Região Resiliente - Aprender com o Passado;*
- 10 *Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais - Aprender com o Passado.*

Tomos em preparação:

- 11 *Ciência e Redução do Risco;*
- 12 *Geografia dos Incêndios Florestais. 50 anos de Incêndios a queimar Portugal;*
- 13 *Efeitos dos Incêndios Florestais nos Solos de Portugal.*
- 14 *Floresta, Incêndios e Educação;*
- 15 *Redução do Risco e Educação.*



Luciano Lourenço é doutorado em Geografia Física, pela Universidade de Coimbra, onde foi Professor Catedrático, encontrando-se atualmente na situação de jubilado.

É Diretor do NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Presidente da Assembleia Geral da RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança.

Exerceu funções de Diretor-Geral da Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais, Presidente do Conselho Geral da Escola Nacional de Bombeiros e Presidente da Direção da Escola Nacional de Bombeiros.

Consultor científico de vários organismos e de diversas revistas científicas, nacionais e estrangeiras, coordenou diversos projetos de investigação científica, nacionais e internacionais, e publicou mais de mais de três centenas de títulos, entre livros e capítulos de livro, artigos em revistas e atas de colóquios, nacionais e internacionais.



Adélia Nunes é Professora Associada, com Agregação em Geografia, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, onde exerce funções de docência e investigação.

Diretora do Departamento de Geografia e Turismo, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, membro integrado do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), da RISCOS (Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança) e do NICIF (Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais).

Ingressou na carreira docente universitária em 1999. Em 2001 concluiu o Mestrado em Geografia Física e em 2007 o Doutoramento em Geografia.

Dinâmica da paisagem, riscos naturais e mistos e gestão de recursos naturais são as principais áreas de investigação, tendo publicado várias dezenas de trabalhos, onde se incluem capítulos de livros e artigos em revistas de especialidade. Desde 2008 colabora no Mestrado em Ensino de Geografia e em 2017 assumiu a Coordenação do Mestrado em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território.



RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA



estudos
CINDÍNICOS