Coordenadores:

Luciano Lourenço

José Dias

XIII ENCONTRO
NACIONAL
de
RISCOS

Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado

RISCOS

Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Coimbra, 2020

Ao longo dos séculos, muitos foram os eventos destrutivos que assolaram a Região Autónoma da Madeira, destacando-se pelo impacto no território, as aluviões. Em consequência de uma intensa precipitação num curto espaço de tempo, cheias rápidas e deslizamentos em massas ocorreram um pouco por toda a Região, deixando, um elevado rastro de destruição.

Quanto ao futuro, os estudos sobre as alterações climáticas preveem eventos meteorológicos excepcionais, ainda mais fortes e frequentes, para as quais a Madeira e os Madeirenses têm de estar preparados. Estudando o passado mas especialmente visando o futuro, a Região Autónoma da Madeira tem implementado um conjunto diverso de estratégias para mitigar vindouros acontecimentos extremos.

As medidas estruturais e não estruturais que foram implementadas, associadas a uma forte disseminação de uma cultura de proteção civil por toda a população, as quais devem continuar a nortear a política regional naquilo a que diz respeito à proteção das populações e dos seus bens, tornam certamente a Madeira, uma Região mais Resiliente.

Foi sob o lema MADEIRA REGIÃO RESILIENTE que se pretendeu colocar a comunidade científica, os agentes de proteção civil, os órgãos de decisão regionais e locais e a população em geral, a refletir sobre o que fazer em caso de catástrofes provocadas pela manifestação de riscos e, em particular, de aluviões, aprendendo com o passado para melhor preparar o futuro.

O XIII Encontro Nacional de Riscos é também a forma de assinalar o 38.º aniversário do Serviço Regional de Proteção Civil e de enaltecer todos aqueles que de uma forma direta ou indireta contribuem para a proteção e para o socorro de todos aqueles que fazem da Madeira e o Porto Santo a sua casa.

RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

**Serviço Regional
de Proteção Civil,
IP - RAM**

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

Antenora Maria da Mata Siqueira

Universidade Federal Fluminense, Brasil

Ana Meira Castro

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Carla Juscélia Oliveira Souza

Universidade de São João del Rei, Brasil

António Betâmio de Almeida

Instituto Superior Técnico, Lisboa

Esteban Castro

Universidade de Newcastle, Reino Unido

António Duarte Amaro

Escola Superior de Saúde do Alcoitão

José António Vega

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Espanha

António Vieira

Universidade do Minho

José Arnaez Vadillo

Universidade de La Rioja, Espanha

Cármén Ferreira

Universidade do Porto

Lidia Esther Romero Martín

Universidade Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

Fátima Velez de Castro

Universidade de Coimbra

Miguel Castillo Soto

Universidade do Chile

Helena Fernandez

Universidade do Algarve

Montserrat Díaz-Raviña

Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

Humberto Varum

Universidade de Aveiro

Norma Valencio

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

José Simão Antunes do Carmo

Universidade de Coimbra

Ricardo Alvarez

Univ. Atlântica, Florida, Estados Unidos da América

Luciano Lourenço

Universidade de Coimbra

Victor Quintanilla

Universidade de Santiago de Chile, Chile

Romero Bandeira

Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

Virginia Araceli García Acosta

CIESAS, México

Tiago Ferreira

Universidade do Minho

Xavier Ubeda Cartaña

Universidade de Barcelona, Espanha

Tomás de Figueiredo

Instituto Politécnico de Bragança

Yvette Veyret

Universidade de Paris X, França

LUCIANO LOURENÇO
JOSÉ DIAS
(COORDS.)

MADEIRA REGIÃO RESILIENTE. 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 José Dias

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

478492/20

ISBN

978-989-54942-8-6

ISBN Digital

978-989-54942-9-3

DOI

https://doi.org/10.34037/978-989-54942-9-3_9

SUMÁRIO

PREFÁCIO	7
MADEIRA SINGULAR	9
Geotoponímia e Geoengenharia do Arquipélago da Madeira: 600 anos a criar nomes e apelidar, terras, pedras e fenómenos	
João Baptista Pereira Silva	11
Riscos. Terminologia base e tipos de ocorrências	
Luciano Lourenço	37
Resiliência e Gestão do Risco	
António Betâmio de Almeida	85
Uma visão global sobre a gestão do risco de cheias torrenciais na Madeira. Perspetivas e desafios	
Sérgio Lopes	99
MADEIRA TECNOLÓGICA	135
Proteção de pessoas e bens: capacidades atuais e futuras	
José Dias	137
As melhorias nos sistemas de observação, vigilância e previsão na RAM, após o temporal de 20 de fevereiro de 2010	
Vitor Prior, Paulo Narciso, João Rio e Jorge Marques	161
Contributos para uma estratégia integrada de gestão do risco de aluviões na ilha da Madeira	
Rodrigo Proença de Oliveira	183
O papel da engenharia na proteção do território e das suas gentes	
João Alfredo dos Santos, Liliana Vieira Pinheiro e Conceição Juana Fortes	201
O papel do Instituto das Florestas e Conservação da Natureza, IP-RAM na mitigação dos riscos naturais	
Manuel Filipe	223
Contributo da formação MRMI para a organização da resposta em situações de exceção	
Luis Vale e Rui Faria	243
MADEIRA NO PAÍS E NA EUROPA	255
Apoios comunitários para o reforço da resiliência na Região Autónoma da Madeira	
Helena Azevedo	257
A importância da informação sobre os impactos das catástrofes - enquadramento no projeto europeu LODE	
Xavier Romão, Esmeralda Paupério e Rui Figueiredo	267

PREFÁCIO

A dimensão insular do Arquipélago da Madeira, a que se junta o seu afastamento do Continente e o seu território de orografia acidentada, associada a uma pressão urbana considerável e sujeita a eventos meteorológicos excepcionais, potenciados pelas alterações climáticas, obriga a dotar a Região Autónoma de Madeira de meios de primeira e segunda intervenção capazes de oferecer uma resposta imediata às populações, quando expostas às adversidades do clima e das suas consequências sobre o território, bem como a sustentar as operações ao longo do tempo.

Este isolamento atlântico, moldou de uma forma muito significativa o carácter dos Madeirenses, a forma de ocupação do território e a perceção sobre o mesmo. São muitas as catástrofes registadas que assolaram a Região desde o seu povoamento, no século XVI, ceifando vidas e destruindo bens. Essa quase rotina, é intrínseca na maneira de ser e de estar do “ilhéu”, que, por um lado, respeita e teme a Natureza, mas, por outro, lhe confere a força e a interajuda necessárias para enfrentar as adversidades e se reerguer sempre e novamente, quando sujeito a estas recorrentes vicissitudes.

Nesse contexto e “roubando-o” aos princípios da Física, surge o conceito de Resiliência, que em muito caracteriza a atitude do Madeirense, no seu modo de vida, de como moldou o seu território, tão belo como agreste, e resiste e volta a moldá-lo sempre que uma nova catástrofe natural se abate sobre si, a sua família e os seus bens.

Assim, para a salvaguarda de todos é fundamental determos profissionais bem capacitados e apetrechados para uma resposta eficaz e adequada às inúmeras situações de emergência e de socorro, com que se deparam no teatro de operações, mas essencialmente acresce a premente necessidade da difusão de uma cultura de proteção civil junto de toda a sociedade civil.

Cada um de nós é, de *per si*, um agente de proteção civil. Para este efeito contribui o fomento de uma permanente comunicação entre as instituições responsáveis pela resposta ao socorro e à emergência, recorrendo a todos os meios que temos ao nosso alcance a fim de fazer chegar a informação à população, seja ela residente ou visitante. Visando este largo objetivo tem sido necessário adequar

a comunicação a todas as faixas etárias, pelo que se recorre a jornais e TV; jogos de realidade virtual; sistemas de aviso, através de SMS; desenvolvimento de App's; simpósios e reuniões, etc.

É com esta missão ampla de comunicar o esforço efetuados por todos os madeirenses em moldar a Região e resistir aos episódios disruptivos que nesta ciclicamente emergem, que surge o interesse de, em parceria com a RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, promover um encontro sobre a Resiliência da Região.

Passada uma década sobre a última grande aluvião que assolou a Ilha da Madeira, importa promover um debate alargado entre a Ciência e a Tecnologia, a Academia e a Comunidade Educativa, os profissionais de Proteção Civil e a Sociedade Civil. Cada um terá certamente a sua visão sobre o tema, pois todos os que viveram situações de catástrofe têm uma história para contar.

Aprender com o passado, compreender as medidas estruturais e não estruturais que foram implementadas, são formas de consolidar atitudes futuras e que tornarão a Região Autónoma da Madeira, uma Região mais Resiliente.

José Miguel da Silva Branco

Vogal do Conselho Diretivo do Serviço Regional de Proteção Civil, IP-RAM

MADEIRA TECNOLÓGICA

**AS MELHORIAS NOS SISTEMAS DE OBSERVAÇÃO,
VIGILÂNCIA E PREVISÃO NA RAM, APÓS O
TEMPORAL DE 20 DE FEVEREIRO DE 2010**
IMPROVEMENTS IN OBSERVATION,
SURVEILLANCE AND FORECAST SYSTEMS IN RAM,
AFTER THE STORM OF 20 FEBRUARY 2010

Vitor Prior*

ORCID: 0000-0001-7741-4015 victor.prior@ipma.pt

Paulo Narciso*

ORCID: 0000-0002-6997-3519 paulo.narciso@ipma.pt

João Rio*

ORCID: 0000-0003-4457-4543 joao.rio@ipma.pt

Jorge Marques*

ORCID: 0000-0001-9981-0246 jorge.marques@ipma.pt

*Observatório Meteorológico do Funchal
Instituto Português do Mar e da Atmosfera I.P. (Portugal)

Resumo: Apresentam-se as melhorias levadas a cabo na Região Autónoma da Madeira (RAM), na última década, designadamente no que se refere à ampliação da rede de observação de superfície e à instalação de sistemas de observação remota, tais como o radar meteorológico em Porto Santo, a rede de detetores de trovoadas, constituída por quatro detetores e ainda, outros sistemas que têm permitido dar uma resposta tempestiva ao Serviço Regional de Proteção Civil, à população em geral e aos órgãos de comunicação social.

Palavras-chave: Meteorologia, episódios adversos, sistemas de observação.

Abstract: The improvements undertaken in the Madeira Region in the last ten years are presented, particularly in relation to the expansion of the surface observation network and the installation of remote sensing observation systems, such as the weather radar in Porto Santo island, the lightning network with four detectors, as well as other systems that have made it possible to give a timely response to the Regional Civil Protection Service, to the population in general, and to the media.

Keywords: Meteorology, adverse episodes, observation systems.

Introdução

As observações meteorológicas mais antigas executadas em Portugal com continuidade, durante uma extensão razoável de tempo e com resultados publicados ou acessíveis, foram realizadas pelo médico Tomás Heberden, no Funchal, de 1747 a 1753, publicadas em ‘Philosophical Transaction’ da ‘Royal Society of London’.

As observações meteorológicas realizadas com regularidade no Funchal tiveram início no dia 1 de dezembro de 1864 no posto meteorológico situado no baluarte central da fortaleza de São Lourenço e foram, desde então, regularmente publicadas nos ‘Anais’ do Observatório Meteorológico do Funchal e depois no ‘Anuário’ do Serviço Meteorológico Nacional.

Este posto de observação foi transferido em 1947 para as novas instalações, especialmente construídas para o efeito, no sítio dos Louros, na orla leste da cidade do Funchal, mantendo-se durante uns anos em simultâneo, as observações de alguns elementos meteorológicos no antigo local (Fortaleza de São Lourenço), para comparação dos resultados das observações.

A partir de 1947 a rede meteorológica do arquipélago da Madeira foi largamente ampliada, estabelecendo-se uma rede de estações climatológicas e estações udométricas, muitas desativadas nas décadas seguintes e portanto, com séries de dados relativamente curtas. O número de estações operacionais foi sempre bastante modesto e insuficiente, atendendo à grande variabilidade de fenómenos meteorológicos locais, associados em particular à localização geográfica do arquipélago da Madeira e à sua orografia.

É de destacar que as únicas estações que, no passado recente, permitiam acompanhar o estado do tempo de 3 em 3 horas eram as do Funchal/Observatório, Santa Catarina/Aeroporto e Porto Santo/Aeroporto, através das observações sinóticas que eram enviadas para o Serviço Meteorológico Nacional, em Lisboa, para fins de previsão do tempo. As observações das restantes estações só chegavam, muitas vezes, ao Observatório Meteorológico do Funchal, depois de 24 horas ou até mesmo um mês, mas sempre informação importante para o conhecimento e estudo do clima da região.

Também, em certa medida, foi em 1950 que, em torno da observação aerológica, muito se organizou nesta época, incluindo a mudança de local de observações no Funchal, recrutamento de recursos humanos, materiais e equipamentos de observação.

A informação recolhida dos programas de observações contínuas, executados depois de 1865, permitem-nos conhecer e estudar o clima no Funchal, analisar as variações anuais da quantidade de precipitação (fig. 1), da temperatura do ar e da temperatura da água do mar no Funchal (fig. 2) e, rapidamente, tirar algumas conclusões simples, como por exemplo: desde que há registos meteorológicos no Funchal, o ano de 2010 foi o mais chuvoso; o ano de 2019 foi o 3º ano menos chuvoso; a temperatura média anual tem vindo a aumentar e, em 2019, foi registada a temperatura média anual mais alta, mas igual à do ano de 2004.

Fig. 1 - Precipitação anual no Funchal (1865 - 2019) (Fotografias: Palácio de S. Lourenço 1864 (esq), Observatório 1947 (centro), Observatório 2019 (drt).

Fig. 1 - Annual rainfall in Funchal (1865 - 2019) (Photographs: S. Lourenço Palace 1864 (left), Observatory 1947 (centre), Observatory 2019 (right)).

Fig. 2 - Temperatura média anual do ar (1865 - 2019) e da água do mar (1952 - 2019).

Fig. 2 - Average annual air temperature (1865 - 2019) and sea water temperature (1952 - 2019).

Nos dias de hoje, os antigos programas de observação já não se enquadram nas necessidades cada vez mais exigentes das populações em geral e dos diversos utilizadores em particular, mas a atual modernização só foi possível com o aparecimento de supercomputadores, sistemas de telecomunicações e sistemas automáticos de observação, que permitem disponibilizar os dados em tempo quase real para uma vigilância contínua do estado do tempo e da melhoria da previsão. Assim, descrevem-se aqui os sistemas automáticos mais recentes, que foram instalados na RAM na última década, designadamente a partir da aluvião de 20 de fevereiro de 2010, que resultou na perda de vidas humanas e avultados prejuízos para a economia da Madeira.

Episódios meteorológicos severos

Na última década registaram-se no arquipélago da Madeira episódios meteorológicos severos, os quais deram origem a precipitação muito forte ou a dias extremamente quentes. Desses episódios, destacam-se as chuvas fortes e persistentes que ocorreram em dezembro de 2009 e que culminaram na aluvião do dia 20 de fevereiro de 2010, incêndios devastadores em agosto de 2010, nas zonas altas da ilha

da Madeira, acompanhados de vento muito forte, incêndios em agosto 2013 e em agosto de 2016, este com perda de vidas e prejuízos materiais muito significativos.

Perante estas ocorrências, o IPMA I. P. foi reconhecendo que se tornava indispensável e urgente melhorar os meios de observação meteorológica na RAM, para vigilância do estado do tempo e melhoria da previsão.

Episódios de precipitação forte

São bem conhecidas as várias situações de mau tempo que ocorreram nos últimos anos na Madeira, associados a períodos de chuva ou aguaceiros violentos e elevados valores diários acumulados, designadamente nos dias: 2 de fevereiro de 2010 (Funchal 42,5 mm/Areeiro 184,7 mm); 20 de fevereiro 2010 (Funchal 144,3 mm/Areeiro 387,1 mm) (fig. 3); 21 de outubro de 2010 (Funchal 82,7 mm/Areeiro 147,0 mm); 26 de novembro de 2010; (Funchal 155,1 mm/Areeiro 185,2 mm); 26 de Janeiro de 2011 (Funchal 103,4 mm/Areeiro 321,0 mm); sendo de registar também os episódios da Ribeira da Janela, no dia 5 de novembro de 2012 (186,0 mm no Lombo da Terça/Porto Moniz) e do Porto da Cruz no dia 29 de novembro de 2013 (325,0 mm no Santo da Serra, em 2 dias).

Fig. 3 - Precipitação horária registada nas estações do Funchal/Observatório e no Chão do Areeiro (1500 m), no dia 20 fevereiro 2010.

Fig. 3 - Hourly rainfall recorded at Funchal/Observatory stations and at Chão do Areeiro (1500 m), on 20 February 2010.

Perante estes episódios voltou a discutir-se internamente no IPMA I.P. a imperiosa e urgente necessidade da instalação de um Radar Meteorológico na RAM, para apoio à segurança de vidas e bens, deteção precoce e acompanhamento de fenómenos meteorológicos extremos, assim como colmatar a escassez de observações meteorológicas no mar.

Episódios de temperaturas do ar elevadas

Em agosto de 2016 e pela terceira vez, desde 2010, um grande incêndio florestal deixou um rasto de destruição na ilha.

Ainda com a aluvião do dia 20 de fevereiro de 2010 na memória, sobretudo para as pessoas que perderam familiares e habitações, a população da Madeira viu-se confrontada, em agosto de 2016, com um incêndio florestal de grandes dimensões, que deflagrou nas serras do Funchal e se propagou para várias localidades da ilha. Foi necessário evacuar hospitais, lares de idosos, hotéis e muitas moradias.

A temperatura do ar foi elevada em agosto de 2016 (fig. 4 e 5) e para se mostrar como os incêndios fazem parte da história da Madeira, nesses mesmos gráficos apresenta-se uma situação semelhante de temperatura elevada, registada em agosto de 1976.

Em 2016 a temperatura máxima do ar no Funchal foi de 38,2 °C e a mínima de 29,6 °C e, em 1976, a máxima foi 38,5 °C (0,3 °C acima da de 2016) e a mínima 25,9 °C.

Rede de estações de superfície

No dia 20 de fevereiro de 2010, o arquipélago da Madeira contava com 9 Estações Meteorológicas Automáticas (EMA), das quais, 2 tinham sido instaladas em 2009 (Caniçal e Santa/Porto Moniz). Desde essa altura, pela necessidade crescente e indispensável de se melhorar a vigilância do estado do tempo, a rede

Fig. 4. - Temperatura máxima do ar no Funchal, em agosto de 2016 e 1976.

Fig. 4. - Maximum air temperature in Funchal, in August 2016 and 1976.

Fig. 5 - Temperatura mínima do ar no Funchal, em agosto de 2016 e 1976.

Fig. 5 - Minimum air temperature in Funchal, in August 2016 and 1976.

de estações tem vindo a ser significativamente melhorada, sendo que atualmente (2020), o Arquipélago da Madeira, conta com 21 EMA que permitem acompanhar em tempo real (hora a hora) o estado do tempo, em particular no que se refere a episódios de precipitação, temperatura do ar e vento.

A observação executada em estações meteorológicas automáticas de superfície, adequadamente distribuídas, são a base da vigilância meteorológica, da previsão do estado do tempo e do acompanhamento do clima, no arquipélago da Madeira.

No âmbito de programa de modernização da rede nacional de observação meteorológica à superfície, e dando continuidade aos programas de observações convencionais regulares, o IPMA I. P. instalou, em 1997, na Madeira, as duas primeiras estações automáticas: Observatório Meteorológico do Funchal e Porto Santo/Aeroporto. No âmbito do mesmo programa, foram ainda instaladas, em

2002, cinco estações: Funchal/Lido, Chão do Areeiro, Ponta do Sol, Ponta do Pargo e São Jorge. Reconhecendo-se a necessidade de melhorar a cobertura da Madeira, com estações de superfície, para validação de resultados de modelos de área limitada (ALADIN e AROME), o IPMA I. P. instalou mais duas estações em agosto 2009: Santa/Porto Moniz e Caniçal/ Ponta de São Lourenço.

Atendendo à crescente procura de informação meteorológica pela população em geral, pela comunidade científica, para estudos do clima e ordenamento do território, e, em particular, pelo Serviço Regional de Proteção Civil, em 2010 foram substituídas 4 estações convencionais por 4 estações meteorológicas automáticas: São Vicente, Bica da Cana, Santana, Santo da Serra, e foi ainda instalada mais uma, num novo local, na Quinta Grande.

Assim, o crescente reforço da rede levou o IPMA I. P. a instalar, posteriormente, as seguintes estações: Pico do Areeiro/Centro da Freira da Madeira, em 2013; Porto Moniz, Funchal/Pico Alto e Santa Catarina/Aeroporto, em 2014; Selvagem Grande, em 2016; Funchal/Monte, em 2018; e Prazeres/Calheta, em 2019 (fot. 1).

Em todas as estações (fig. 6), a informação meteorológica é registada de 10 em 10 minutos, recolhida no Observatório Meteorológico do Funchal a todas as horas, enviada para a sede do IPMA I. P. e, simultaneamente, disponibilizada ao Serviço Regional de Proteção Civil (SRPC I. P. - RAM).

Fot. 1 - Estação dos Prazeres/Calheta, com sensores do vento (Fotografia de Victor Prior, tirada a 17/05/2019).

Photo 1 - Prazeres/Calheta Station, with wind sensors (Photography by Victor Prior, taken on 17/05/2019).

Fig. 6 - Localização das EMA do IPMA I.P. no Arquipélago da Madeira.

Fig. 6 - Location of EMA of the IPMA I.P. in the Madeira Archipelago.

Na fot. 1, apresenta-se a estação da Calheta/Prazeres e na fig. 6, a distribuição e localização aproximada das estações meteorológicas automáticas no arquipélago da Madeira.

Para otimização dos meios e por se considerar menos necessário, as estações do Santo da Serra, Quinta Grande, Bica da Cana, São Vicente e Santana, não estão equipadas com instrumentos de observação do vento (anemómetro e cata-vento).

Observação aerológica

A história de 70 anos de observação aerológica no Funchal confunde-se com a própria história da meteorologia na região. Foi, em certa medida e, em parte, continua a ser em torno da radiossondagem que muito se organizou numa boa parte desses 70 anos, recursos humanos, materiais e equipamentos. No Observatório Meteorológico do Funchal nada

há a identificar a tarefa mais importante que nele se executa: a radiossondagem. Mas quase que é desnecessário, pois é bem visível na fisionomia do próprio edifício a marca inconfundível da cobertura do antigo radio-teodolito e que tem constituído, desde sempre, uma referência na paisagem urbana em redor do Observatório.

Em 1950, teve início o programa de observações aerológicas no Observatório com a utilização de sondas cronométricas, na altura vulgarmente designadas por sondas tipo canadiano, e com observação de vento em altitude, recorrendo à técnica de balão piloto.

Em 1971, foi instalado o rádio-teodolito WBRT, de origem americana. Para esse efeito foi necessário ampliar o edifício para o lado oeste, para aí colocar a antena parabólica e a respetiva cobertura. Este novo equipamento permitiu dispensar, de todo, a utilização do balão piloto para observação do vento em altitude, que, aliás, sempre havia sido muito problemática, devido às condições de nebulosidade prevalentes na região. A cobertura do rádio-teodolito permanece, até à data, como marca física bem distintiva do Observatório, embora a antena que alberga, há muito tenha perdido a sua função. Este sistema foi atualizado em 1982, com a introdução do primeiro sistema de cálculo eletrónico, com a utilização de uma calculadora programável. Até então, todos os cálculos inerentes à sondagem (geopotencial e vento em altitude) eram executados apenas por processos gráficos, ou seja, recorrendo a diagramas e régua de cálculo.

Em 1987, o sistema rádio-teodolito WBRT sofreu uma nova atualização para poder utilizar uma nova geração de sondas, com eletrónica miniaturizada, que substituíram as utilizadas desde 1971, já quase obsoletas e que exigiam preparativos muito complexos.

Em 1992, foi instalada uma nova geração do equipamento de radiossondagem DigiCora MW11 e de sondas RS80-15, a qual substituiu por completo o rádio-teodolito WBRT. O sistema DigiCora MW11 sofreu uma atualização em 2005, para permitir a utilização de sondas RS92- SGP.

Em agosto de 2019, no âmbito do projeto POSEUR-02-1708-FC-000036, foi substituído o sistema DigiCora MW11 pelo sistema DigiCora MW41, que corresponde ao sistema mais moderno em uso, neste tipo de observações.

Assim, na RAM foram utilizados, desde 1950 até 2020, diferentes tipos de sistemas de observação aerológica (fig. 7). Estas observações, executadas diariamente às 12 UTC, consistem no registo da pressão atmosférica, da temperatura e humidade relativa do ar e do vento, desde a superfície até cerca de 30 km de altitude e é a informação mais relevante para a previsão numérica do tempo.

Fig. 7 - Equipamentos de observação aerológica, usados desde 1950.

Fig. 7 - Aerological observation equipment, used since 1950.

Tempo presente

Em setembro de 2009, o IPMA I. P. instalou duas estações de tempo presente (STP), no Funchal/Observatório e no Chão de Areeiro. Mais tarde, em 2013, instalou mais duas, uma no Pico do Areeiro e outra em São Jorge. Estas estações incluem 1 visibilímetro “Sentry” modelo SVS1 e 1 detetor de precipitação a laser (LPM) “THIES”, que estão ligados a um sistema de aquisição de dados CR-800.

O visibilímetro é do tipo difusómetro, em que o sistema ótico é desenhado de tal forma que um feixe de luz infravermelha, emitido pelo transmissor, interceta o campo de visão do recetor, com um ângulo de 42° . O volume de interceção constitui a amostra de ar em análise. Quando o ar está límpido e não havendo, por isso, suficientes partículas em suspensão, pouca luz é difundida, resultando daí um sinal fraco no recetor. À medida que o número de partículas aumenta na amostra, aumenta também a quantidade de luz difundida recebida pelo recetor, ou seja, a intensidade

do sinal recebido é inversamente proporcional à visibilidade. Este visibilímetro está preparado para medir visibilidades compreendidas entre 30 e 16000 m.

O detetor de precipitação a laser contém um díodo laser acoplado a um sistema ótico que produz um feixe paralelo de luz infravermelha (785 nm) com 0,75 mm de espessura e uma área de deteção de 20 x 228 mm². Um detetor situado no lado oposto mede a intensidade da luz recebida, transformando-a num sinal elétrico. Quando há partículas de precipitação a atravessar o feixe, o sinal recebido sofre uma redução. A amplitude dessa redução depende do tamanho das partículas e a sua duração depende da velocidade terminal de queda das mesmas. O tipo de precipitação é então determinado com recurso a relações estatísticas conhecidas e que relacionam o tamanho e velocidade de queda para diferentes tipos de precipitação (chuveiro, chuva, neve, granizo, etc.).

Este tipo de observação é particularmente importante para se conhecer com maior detalhe o estado do tempo em São Jorge (costa norte da Madeira), no Chão do Areeiro e no Pico do Areeiro, em particular para se monitorizarem as situações meteorológicas associadas a queda de neve ou granizo, nas zonas montanhosas da ilha da Madeira, e melhor se dar resposta, nestas situações, à população em geral, aos órgãos de comunicação social e, em especial, ao Serviço Regional de Proteção Civil.

De referir que a motivação para a instalação deste tipo de equipamentos nas regiões montanhosas, a 1500 m e 1800 m (fig. 8), resultou da necessidade de monitorizar as situações de neve ou granizo, após o forte nevão que se registou na Madeira, em março de 2011 e que bloqueou dezenas de carros nas zonas montanhosas da Madeira, designadamente na zona do Poiso.

Temperatura da água do mar

Há registos da temperatura da água do mar no Funchal, desde 1951. Desde essa data, até dezembro de 2018, as observações foram executadas em contínuo, com um registador semanal (termógrafo) e uma observação semanal com termómetro de mercúrio. A partir desta data, passou a ser registada com um sensor do tipo PT100, num sistema de aquisição de dados DT50 (fig. 9), e os dados são transmitidos,

Fig. 8 - Localização das estações de tempo presente, equipamentos de observação (sensores de visibilidade e do de tempo presente no Pico do Areeiro) e um registo onde está indicada a quantidade de precipitação no estado líquido e no estado sólido (neve ou granizo).

Fig. 8 - Location of the present weather stations, observation equipment (visibility and weather sensors in Pico do Areeiro) and a log where the amount of precipitation in the liquid and solid state (snow or hail) is indicated.

de hora a hora, para o Observatório Meteorológico do Funchal. Assim, agora é possível utilizar os dados não só para efeitos climatológicos, mas também para a sua divulgação, em regra, diariamente e de forma atualizada.

Radiação Ultravioleta (UVB)

Com a crescente procura, pelo público em geral, de informação relativa a observações da radiação UVB, foi instalado no terraço do Observatório Meteorológico do Funchal, em julho de 2014, um detetor de radiação UVB, da marca Solar Light's, Model 501 Biometer Radiometer (fig. 10), que mede o espectro da radiação solar nos comprimentos de onda compreendidos entre 280 nm a 320 nm. Este detetor encontra-se ligado a um sistema de aquisição de dados DT50, que permite disponibilizar os dados em tempo real.

Fig. 9 - Instrumentos utilizados na estação do Funchal/Pontinha e os sistemas de observação da temperatura da água do mar utilizados depois de dezembro de 2018.

Fig. 9 - Instruments used at the Funchal/Pontinha station and the sea water temperature observation systems used after December 2018.

A radiação solar constitui um importante fator natural do clima da Terra influenciando significativamente o ambiente. A parte ultravioleta do espectro solar desempenha um papel determinante em muitos processos na biosfera, possuindo muitos efeitos benéficos, mas poderá causar graves prejuízos para a saúde se o nível de UV exceder os limites de segurança, pelo que se torna importante fazer chegar este tipo de informação às pessoas em geral, devendo ser devidamente divulgada pela comunicação social.

Radar meteorológico

Foi em finais dos anos 80, do século passado, que começou a ser pensado um projeto de rede nacional de radares meteorológicos, no qual estavam previstos 3 radares para o Continente, 2 para os Açores e 1 para a Madeira. No âmbito desta

rede nacional foram instalados os radares de Coruche (1998), o de Loulé (2005) e o de Arouca (2014).

O radar da Madeira voltou a ser discutido internamente em finais de 2009 e, intensivamente, após a aluvião de 20 de fevereiro de 2010, tendo sido decido nessa altura avançar, com brevidade, para a instalação do radar meteorológico na Madeira.

Ainda que os trabalhos tenham tido início logo de imediato, só em junho de 2012, já sob a alçada do novo conselho diretivo do IPMA I. P., se optou por recomençar o processo de seleção do local que oferecesse condições técnicas semelhantes às do Pico Castelo, local inicialmente apontado em 2010, tendo-se então reconhecido que o radar poderia ser instalado no Pico Espigão, pico situado a uma cota ligeiramente mais baixa do que o Pico Castelo. O Pico Espigão provoca, nos níveis mais baixos, uma reduzida zona de sombra para nordeste, mas que em

Fig. 10 - Detetor de radiação UVB, instalado no terraço do Observatório Meteorológico, um exemplo de informação obtida em tempo real e o registo do valor máximo diário do UVB, desde a sua instalação até 31 de dezembro de 2019.

Fig. 10 - UVB radiation detector, installed on the terrace of the Meteorological Observatory, an example of information obtained in real time and the logging of the maximum daily value of the UVB, from its installation until 31 December 2019.

nada prejudicam a exploração operacional do radar e com a grande vantagem de ter acesso adequado e ainda, por ter um reduzido impacto paisagístico, comparado com o Pico Castelo.

É de referir que a melhor localização técnica do radar, que permite a melhor vigilância de todo o arquipélago da Madeira, é o Porto Santo. A instalação do radar no Pico do Areeiro, por exemplo, limitaria os resultados operacionais, uma vez que o varrimento efetuado pelo radar começaria a cotas muito elevadas (1800 m), deixando por isso toda a camada atmosférica entre o mar e os 1800 m sem observações e ainda, mais grave, porque a região, num raio de 20 a 30 km centrado no radar não é coberta (cone de sombra) o que não permitiria uma cobertura adequadas das zonas de maior risco da Madeira, como é o caso do Funchal.

Assim, com apoio financeiro no âmbito do Projeto POSEUR-02-1708-FC-000001 – Radar Meteorológico da Região Autónoma da Madeira, foi possível a instalação, durante o ano de 2017, de um radar meteorológico de dupla polarização METEOR 735C, da marca Selex (fig. 11), tendo entrado em funcionamento operacional no dia 1 de janeiro de 2018. As imagens obtidas podem ser atualizadas de 5 em 5 minutos e permitem acompanhar as situações meteorológicas com precipitação associada, num raio de 300 km, em torno do Porto Santo.

Fig. 11 - Radar meteorológico instalado em Porto Santo e exemplos de imagens por ele geradas.

Fig. 11 - Weather radar installed in Porto Santo and examples of images generated by it.

O radar, acrónimo do inglês *Radio Detection And Ranging*, ou seja deteção e localização por ondas de rádio, é um dispositivo que permite detetar, à distância, corpos que refletem radiofrequência. Basicamente emite pulsos eletromagnéticos que ao atingir o alvo específico são refletidos.

Detetores de raios

As Descargas Elétricas Atmosféricas (DEA) associadas às trovoadas são manifestações de grande instabilidade atmosférica e são, sem dúvida, um dos fenómenos atmosféricos mais devastadores, condicionando o funcionamento de numerosas atividades socioeconómicas e industriais, e provocam anualmente muitas mortes em todo o mundo.

A utilização em tempo real da informação proveniente da rede de detetores de raios pode ser útil para prevenir a ocorrência de DEA, servir de alerta a incêndios florestais, ao controle do tráfego aéreo e, ainda, para melhorar a previsão meteorológica e otimizar os avisos de mau tempo.

O raio é o elemento mais perigoso de uma trovada, uma vez que é portador de grande quantidade de energia eletromagnética a que se associam o calor, a força de pressão e efeitos eletromagnéticos perceptíveis a longa distância. Um raio que atinge, por exemplo, um cabo de energia elétrica próximo de uma casa, que não esteja devidamente protegida, poderá eventualmente danificar grande parte dos aparelhos elétricos e eletrónicos. Através do calor que lhes está associado podem originar incêndios, sobretudo em casas construídas de madeira, mas também na floresta. A força de pressão explosiva que resulta da expansão do ar sobreaquecido pode ser superior a 50 atmosferas e catapultar uma pessoa vários metros. Por fim, os efeitos eletromagnéticos à distância podem ter consequências graves em equipamentos elétricos e eletrónicos.

Assim, reconhecendo-se que havia necessidade de melhorar os sistemas de observação na RAM, o IPMA I. P., no âmbito do projeto POSEUR-02-1708-FC-000036 ‘Rede de detetores de trovoadas no arquipélago da Madeira’, instalou quatro detetores de trovoadas de última geração LS7002, da marca Vaisala, em Porto Moniz/Santa, Santana, Funchal e Porto Santo (fig. 12).

Fig. 12 - Localização dos detetores de DEA no arquipélago da Madeira e tipo de imagem obtida em tempo real com a informação desta rede de detetores.

Fig. 12 - Location of DEA detectors in the Madeira archipelago and type of image obtained in real time with information from this network of detectors.

Estes detetores transmitem em tempo real os dados registados, através de circuitos dedicados de telecomunicações e com redundância, para os sistemas TLP (*Total Lightning Processor*) e CATS (*Computer Aided Thunderstorm Surveillance*), para visualização e arquivo das DEA detetadas e localizadas pelo conjunto dos detetores referidos. Acresce ainda que, no âmbito desta rede, é feito o intercâmbio de dados com a rede de Portugal Continental, rede de Espanha Continental e das Canárias, formando-se assim uma rede única, significativamente melhorada para Portugal e Espanha, no que se refere à eficiência e precisão na localização de raios (DEA).

O princípio de deteção e localização baseia-se na medição da frequência das ondas emitidas pelos raios, no tempo de chegada e no método de triangulação, para o cálculo da localização dos raios. É de destacar que esta rede permite detetar os raios com uma eficiência superior a 95% e com erro inferior a dezenas de metros.

Com a disponibilidade desta informação, designadamente do tipo de raio (Nuvem-Terra, Terra-Nuvem, Nuvem-Nuvem e Intra-Nuvem) e das suas características físicas, o IPMA I. P., passou a dispor de informação mais detalhada e precisa, para a prossecução das suas atividades, designadamente para a vigilância de situações meteorológicas adversas que dão origem a trovoadas, sendo de referir que, por vezes, associada às trovoadas, pode registar-se chuva particularmente intensa, granizo ou saraiva e ignições que podem dar origem a incêndios florestais.

Para além das aplicações diretas em meteorologia para a segurança geral de pessoas e bens, esta informação poderá ser de grande interesse no planeamento de atividades do Serviço Regional de Proteção Civil, na gestão e segurança do transporte de energia elétrica e na segurança de infra estruturas industriais, bem como na gestão e segurança dos transportes terrestres, marítimos e aéreos.

Rede sísmica

Para a vigilância e estudos de sismicidade no arquipélago da Madeira, o IPMA I. P. dispõe de seis estações (fig. 13), duas instaladas na ilha de Porto Santo e 4 na ilha da Madeira, designadamente no Observatório Meteorológico do Funchal, na Ponta do Sol, na Santa de Porto Moniz e no Chão do Areeiro. A informação desta rede sísmica é recebida em tempo real na sede do IPMA I. P., em Lisboa, e no Observatório Meteorológico do Funchal.

Encontra-se em funcionamento, desde 1970, no Observatório um sismógrafo com registo em papel sendo este um dos instrumentos que mais chama a atenção dos mais jovens, em visitas de estudo efetuadas ao Observatório Meteorológico do Funchal.

Conclusões

Uma análise geral ao que tem sido feito na RAM permite-nos reconhecer que, desde o temporal do dia 20 de fevereiro de 2010, houve melhorias significativas nos meios de observação meteorológica, tanto em termos de quantidade como do tipo de observação.

Fig. 13 - Localização das estações da rede sísmica do IPMA I. P., na Região Autónoma da Madeira, e tipo de informação obtida.

Fig. 13 - Location of the IPMA I. P. seismic network stations, in the Autonomous Region of Madeira, and type of information obtained.

Estes meios permitiram uma melhoria nos desempenhos dos modelos operacionais em uso no IPMA I. P. para a RAM (ECMWF e AROME), assegurando, por exemplo, a diminuição dos erros de previsão de parâmetros junto à superfície, como a temperatura e humidade relativa do ar, ou o rumo e a velocidade do vento, bem como o acompanhamento das zonas onde ocorre precipitação, na qual se inclui a queda de neve.

Com todos estes sistemas é agora possível uma vigilância meteorológica mais rigorosa e eficiente das situações meteorológicas mais adversas e também permitiram a reformulação das zonas de emissão de avisos meteorológicos, ou seja, em vez de se considerar o arquipélago da Madeira como uma única zona, passaram a ser definidas quatro zonas: costa sul, costa norte e regiões montanhosas, na ilha da Madeira, e Porto Santo.

A disponibilidade de mais recursos pode em parte deixar-nos mais seguros, no entanto, não podemos deixar de parte a elevada vulnerabilidade na Madeira aos fenómenos meteorológicos, particularmente os excecionais, alguns deles

apresentados neste trabalho, e que poderão estar associados às alterações climáticas, bem visíveis pelo aumento da temperatura média do ar e da água do mar, com reflexos substanciais nos padrões da temperatura do ar, da precipitação e do vento.

Agradecimentos

Ao Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso dos Recursos, pelo apoio financeiro (POSEUR), no âmbito dos projetos:

- POSEUR-02-1708-FC-000001 – Radar meteorológico da RAM;
- POSEUR-02-1708-FC-000035 Sistemas de previsão, alerta e resposta do Clima;
- POSEUR-02-1708-FC-000036 - Rede de detetores de trovoadas na RAM.

Bibliografia

- Couto, F., Salgado, R., Costa, M. J., Prior, V. (2014). Rios Atmosféricos e precipitação na Ilha da Madeira: Análise de 10 anos. Atmospheric rivers and precipitation in the Madeira Island: 10-years analysis. *Proceedings da 8.ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica*, Évora, 389-395.
- Machado, M. S. (1988). Atividades portuguesas no campo da meteorologia e algumas notas históricas nas etapas do seu desenvolvimento. *Monografia de Meteorologia e Geofísica*, n.º 8. Serviço de Meteorologia, Divisão de Hidrometeorologia, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.
- Nunes, L., Neto, J., Mendes, M., Ramos, R., Deus, R., Fonseca, R., Correia, S., Prior, V. (2007). Avaliação de sistemas para automatização de observações do tempo presente na rede Meteorológica do IM. *5º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG, 8º Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia*, Peniche.
- Prior, V. (2016). Clima e Meteorologia. *Dicionário enciclopédico da Madeira*.
- Ramos, A. M., Ramos, R., Sousa, P., Trigo, R. M., Janeira, M., Prior, V. (2014): Cloud to ground lightning activity over Portugal and its association with circulation weather types. *Atmospheric Research* volume 101, issue 1-2, year 2011, 84-101.
- Santos, D. e Aguiar, R. (editores) (2009). Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira, Projeto CLIMAAT II, Funchal: *Atlas Climatológico de Portugal Continental, 1971-2000: Temperatura do ar e Precipitação*.
- SMN - SERVIÇO METEOROLÓGICO NACIONAL (1955). Açores e Madeira. *O Clima de Portugal*, Fascículo VIII. Lisboa.
- WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1989). Calculation of monthly and annual 30-year standard normal. *WCDP-N.º 10, WMO-TD/N.º 341*.

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;*

Tomos em preparação:

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

Luciano Lourenço é doutorado em Geografia Física, pela Universidade de Coimbra, onde é Professor Catedrático.

É Diretor do NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Presidente da Direção 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.

José António Oliveira Dias é Capitão da Força Aérea, das Forças Armadas Portuguesas.

Entre outras Funções Públicas desempenhou, na Região Autónoma dos Açores, as de Presidente do Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores, desde 12 de dezembro de 2012 até 26 de dezembro de 2016. Nessa qualidade, foi designado pelo governo regional como Elemento Grupo de Trabalho para os Meios Aéreos empregues em Missões de Interesse Público (GT-MAMIP)

e Membro de várias Comissões, designadamente do Gabinete Coordenador de Segurança da Região Autónoma dos Açores, da Comissão Nacional de Proteção Civil, do Conselho Regional de Obras Públicas da Região Autónoma dos Açores, do Projeto “REACT – Rede Euro Africana de Emergência Sanitária” e da Comissão de Acompanhamento do Programa Operacional PO 2020 Açores, um programa participado pelos fundos estruturais comunitários FEDER e FSE, para o período de programação 2014-2020, com execução na Região Autónoma dos Açores.

Atualmente, na Região Autónoma da Madeira, exerce a função de Presidente do Conselho Diretivo do Serviço Regional de Proteção Civil, IP-RAM, desde 24 de janeiro de 2017 até à presente data.

Nessa qualidade, entre outras funções, é Membro da Comissão Nacional de Proteção Civil e Representante Suplente do Governo da Região Autónoma da Madeira na Comissão Executiva do Plano Nacional de Regresso.

RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

**Serviço Regional
de Proteção Civil,
IP - RAM**