

# IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2023

**Relatório Anual**

**Setembro 2024**



## Título

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2023 | Relatório Anual

## Data

Setembro 2024

## Equipa técnica



**NOVA School of Science and Technology (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa – NOVA FCT)**

### Desenvolvimento:

Francisco Ferreira (Interlocutor científico e coordenação geral)

Joana Monjardino

Luísa Mendes



**Agência Portuguesa do Ambiente (APA)**

### Acompanhamento:

Paula Meireles

Cláudia Martins

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Enquadramento</b> .....	<b>7</b>
2.1	<i>Tipologia de eventos naturais</i> .....	7
2.1.1	Aspetos gerais .....	7
2.1.2	Eventos naturais na Península Ibérica.....	8
2.2	<i>Enquadramento legislativo</i> .....	11
2.3	<i>Eventos naturais no contexto ibérico: desenvolvimento de uma metodologia conjunta</i> .....	13
<b>3</b>	<b>Metodologia</b> .....	<b>14</b>
3.1	<i>Aspetos gerais</i> .....	14
3.2	<i>Domínio espacial</i> .....	14
3.3	<i>Identificação de eventos naturais</i> .....	18
3.4	<i>Quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão</i> .....	20
3.5	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar</i> .....	23
<b>4</b>	<b>Identificação dos dias de evento natural em 2023</b> .....	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM<sub>10</sub> em 2023</b> .....	<b>43</b>
5.1	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2023</i> .....	43
5.2	<i>Influência dos eventos naturais nas concentrações de PM<sub>10</sub> em 2023</i> .....	46
<b>6</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>59</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	7
Figura 2. Representação da localização geográfica dos desertos do Norte de África Sahara e Sahel ....	8
Figura 3. Exemplos de padrões de circulação atmosférica de acordo com centros de baixas pressões (esquerda) e de altas pressões (direita) (Adaptado de: <i>NASA Earth Observatory</i> ) .....	9
Figura 4. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos.....	13
Figura 5. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira em 2023 .....	15
Figura 6. Altitude em Portugal Continental (m) e localização de estações rurais de fundo representativas para a metodologia anual de avaliação de eventos naturais.....	16
Figura 7. Representação da Região Autónoma dos Açores e da localização das estações da rede de monitorização da qualidade do ar (FAL, AHE, RGR e PDE) (mapa base adaptado de: Qualar).....	17
Figura 8. Fontes de informação utilizadas na identificação da ocorrência de eventos naturais em Portugal (exemplo para dia 20/06/2017): a) WMO SDS-WAS e SKIRON, b) HYSPLIT, c) NAAPS Dust e Smoke, d) Imagens de satélite NASA FIRMS com identificação dos incêndios ativos, e) Concentrações de PM <sub>10</sub> .....	19
Figura 9. Distribuição do número de dias de evento natural por ano .....	24
Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2023 .....	26
Figura 11. Duração de cada episódio de evento natural ocorrido em 2023 e concentração média diária de PM <sub>10</sub> mais elevada durante o episódio, registada em estações Rurais de Fundo, em Portugal Continental (em cima) e no Arquipélago da Madeira (em baixo).....	28
Figura 12. Distribuição do número de episódios de evento natural, em 2023, de acordo com a sua duração, em Portugal Continental e no Arquipélago da Madeira .....	28
Figura 13. Episódios de maior intensidade ocorridos em Portugal Continental (09 de abril, representado à esquerda) e Arquipélago da Madeira (13 de fevereiro, representado à direita) e respetivas concentrações médias diárias de PM <sub>10</sub> registadas em estações de monitorização da qualidade do ar (Terena e São João) .....	29
Figura 14. Distribuição do número de dias de evento natural por mês e ano.....	30
Figura 15. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2023.....	30
Figura 16. Imagens de satélite (NASA FIRMS) para os dias 4 a 9 de agosto com representação dos incêndios ativos, plumas de fumo com origem nos grandes incêndios de Castelo Branco e São Teotónio (Odemira) e influência das poeiras com origem nos desertos do Norte de África.....	39
Figura 17. Imagens de satélite (NASA FIRMS) para os dias 21 a 25 de agosto com representação dos incêndios ativos (destacando-se os identificados pelo ICNF integrando os 20 maiores incêndios de 2023: Baião, Nelas, Ourém, Mogadouro e Penamacor) e pluma de fumo visível para o incêndio de Nelas .....	40
Figura 18. Mapa de simulação da dispersão de partículas (Modelo Hysplit) com origem no incêndio de Castelo Branco e São Teotónio (Odemira) a 5 de agosto (simulação de 24 horas, até 6 de agosto) ...	41
Figura 19. Concentrações de PM <sub>10</sub> medidas nas regiões Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo (LVT), Alentejo e Algarve (indicação do dia de ocorrência de evento natural, ocorrência de incêndio florestal, abreviatura da estação de monitorização e tipologia de estação) .....	42

Figura 20. Média anual de PM <sub>10</sub> , por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2023.....	49
Figura 21. Número de dias em excedência ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> , por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2023.....	49
Figura 22. Contribuição da fração natural para a média anual de PM <sub>10</sub> , entre 2010 e 2023 (expressa em µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub> e %) .....	51
Figura 23. Contribuição de eventos naturais (fração natural) para a média anual de PM <sub>10</sub> , entre 2010 e 2023 (expressa em µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub> ) .....	51
Figura 24. Contribuição da fração natural para a média anual de PM <sub>10</sub> e número de dias de EN identificados, por região, em 2023 .....	51
Figura 25. Contribuição da fração natural para a média anual de PM <sub>10</sub> (cima) e número de dias de EN identificados (baixo), por região e mês, em 2023 .....	52
Figura 26. Contribuição da fração natural para a média anual de PM <sub>10</sub> (cima) e número de dias de EN identificados (baixo), em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, em 2023.....	52
Figura 27. Caracterização dos episódios de evento natural (EN), ocorridos na região da Madeira em fevereiro de 2023: concentrações de PM <sub>10</sub> medidas nas estações de São João (SJO, estação urbana de tráfego), São Gonçalo (SGO, estação urbana de fundo) e Santana (SAN, estação rural de fundo) .....	54
Figura 28. Caracterização dos episódios de evento natural (EN), ocorridos na região da Madeira em outubro de 2023: concentrações de PM <sub>10</sub> medidas nas estações de São Gonçalo (SGO, estação urbana de fundo) e Santana (SAN, estação rural de fundo) (Nota: a estação de SJO não apresentou dados no período do episódio) .....	55
Figura 29. Impacte do evento natural de fevereiro de 2023 na visibilidade, na região da Madeira (Fonte: RTP Madeira, 13/02/2023).....	56

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Tipologias de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas).....	10
Tabela 2. Objetivos ambientais estabelecidos para a proteção da saúde humana para PM <sub>10</sub> definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010.....	11
Tabela 3. Identificação da ocorrência de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África, no ano de 2023, por região e data de ocorrência.....	25
Tabela 4. Eventos meteorológicos relevantes em Portugal Continental e ocorrência de eventos naturais em 2023.....	32
Tabela 5. Incêndios rurais com maior área ardida (ha) em 2023 e ocorrência de eventos naturais (EN) .....	36
Tabela 6. Eficiência anual das medições de partículas PM <sub>10</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2023 (%) .....	44
Tabela 7. Aplicação da metodologia de dedução da contribuição de eventos naturais para as concentrações de PM <sub>10</sub> em 2023 (resultados antes e após aplicação da metodologia de desconto, expressos nos indicadores: concentração média anual, número de ultrapassagens ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> e 36º máximo diário) .....	47

# 1 Introdução

O presente documento consiste no relatório anual relativo à identificação e avaliação de eventos naturais (EN) ocorridos em Portugal, no ano de 2023. É composto pelo documento relativo ao Relatório propriamente dito e pelo Anexo com informação detalhada para cada episódio de evento natural identificado.

O transporte a longa distância de poeiras com origem em regiões áridas, tais como os desertos do Norte de África, pode ter um forte impacto na visibilidade atmosférica e na composição dos aerossóis, bem como, nos níveis de partículas em suspensão (CUE, 2011). As poeiras do deserto do Sahara podem contribuir em mais de 60% para a concentração total de partículas, nos países mediterrânicos, durante um forte evento natural de poluição. O acréscimo nas concentrações de partículas, devido à ocorrência destes fenómenos, pode conduzir a excedências ao valor limite diário legislado de PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>).

A avaliação da contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais, nos níveis de qualidade do ar, está prevista pelo enquadramento legal nacional e comunitário, respetivamente no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro (alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio), e na Diretiva 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio, ambos relativos à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. A nível nacional, as contribuições naturais com maior expressão, e por isso as consideradas no presente estudo, são os eventos naturais de intrusão de massa de ar com partículas em suspensão, com origem nos desertos do Norte de África. A avaliação da ocorrência destes fenómenos naturais é efetuada através da aplicação de uma metodologia ibérica conjunta utilizada, desde 2006, por Portugal e Espanha.

## 2 Enquadramento

### 2.1 Tipologia de eventos naturais

#### 2.1.1 Aspetos gerais

Designam-se por eventos naturais as contribuições provenientes de emissões de poluentes que não são causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, onde se incluem a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões áridas.

O transporte a longa distância de material crustal ocorre quando se geram processos massivos de ressuspensão em zonas áridas, tais como, as presentes no Norte de África, Médio Oriente e Ásia Central. Outras zonas desérticas, como Atacama, ou os desertos da Austrália não geram este tipo de transporte a longa distância.

De acordo com Querol *et al* (2013) as áreas exportadoras de partículas crustais têm como característica comum consistir em bacias, nas quais se acumula uma grande quantidade de material particulado crustal de granulometria fina, devido à erosão de zonas áridas. Durante a época seca este material fino fica exposto a possíveis processos de ressuspensão. No Norte de África existe uma infinidade de bacias com estas características onde o material fino se deposita.

O Norte de África considera-se um exemplo típico de área desértica quente onde a precipitação é escassa, a humidade relativa é reduzida (cerca de 10%) e as temperaturas são muito elevadas, o que favorece a ressuspensão massiva de grandes quantidades de material particulado. O transporte de poeiras a partir do Norte de África representa 50% do material particulado transportado a partir de regiões áridas no mundo.

A injeção de ar carregado de partículas, nas camadas altas da troposfera, produz-se com especial intensidade na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)<sup>1</sup> (situada em redor do equador térmico) devido aos processos de convexão associados a essa zona. A posição da ZCIT varia em latitude durante o ano (Figura 1), provocando diferenças na intensidade de emissão a partir das distintas zonas de deserto africano, segundo a estação do ano.

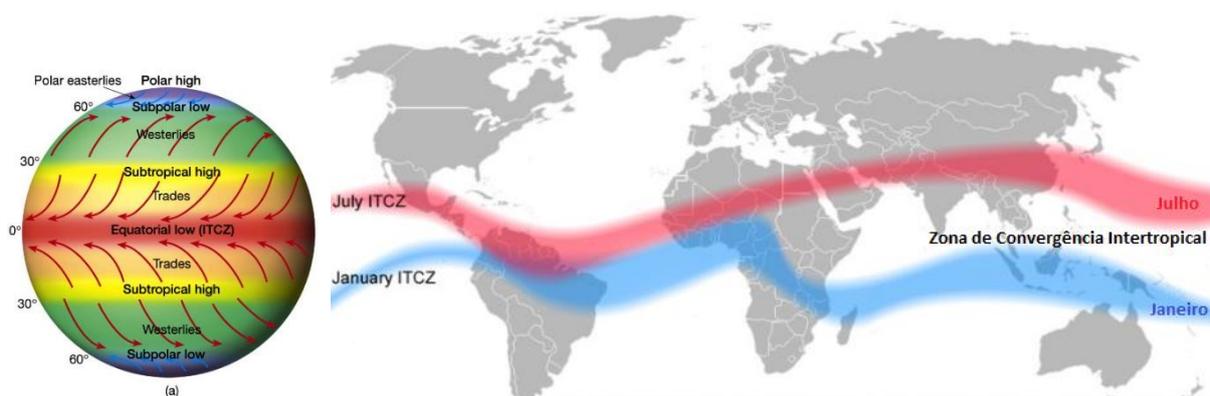


Figura 1. Localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

<sup>1</sup> A ZCIT é a área que circunda a Terra, próxima ao equador, onde os ventos originários dos hemisférios norte e sul se encontram.

Uma vez produzida a injeção vertical de matéria particulada na troposfera livre, o transporte horizontal é controlado por situações sinóticas bem definidas. Assim, de forma a descrever os mecanismos e a frequência dos eventos naturais durante as várias épocas do ano, há que ter em conta a posição da ZCIT e as características da superfície.

O transporte de poeiras é efetuado sobre os oceanos e continentes na troposfera livre (acima da camada limite) em altitudes até 8 km, podendo também existir nos níveis baixos da troposfera. O transporte de partículas crustais é assim favorecido:

- quer pelo aumento da velocidade do vento no perfil ascendente da troposfera, permitindo o transporte até zonas muito distantes;
- quer pelo maior tempo de residência nesta zona da troposfera, devido à menor incidência dos processos de *washout* das massas de ar.

A granulometria das partículas transportadas por estes processos varia muito em função do local de origem (que, no caso do Norte de África, se trata dos desertos do Sahara e Sahel, representados na Figura 2) e da localização da área recetora (Querol *et al*, 2013):

- em episódios de transporte de partículas até ao continente americano a granulometria dominante é mais fina (de 0,1  $\mu\text{m}$  a 1,0  $\mu\text{m}$ );
- em episódios africanos registados no Mediterrâneo (no verão), ou nas Canárias (no inverno) a granulometria dominante é mais grosseira (de 1  $\mu\text{m}$  a 25  $\mu\text{m}$ );
- em ambos os casos, regista-se a influência destes episódios naturais nas concentrações de  $\text{PM}_{10}$  e de  $\text{PM}_{2,5}$  registadas à superfície.



Figura 2. Representação da localização geográfica dos desertos do Norte de África Sahara e Sahel

### 2.1.2 Eventos naturais na Península Ibérica

O transporte de massas de ar com elevadas concentrações de partículas crustais produz-se de forma quase permanente até ao continente americano, devido à ação dos ventos alíseos. Este transporte, paralelo ao equador, tem um alcance de milhares de quilómetros. Assim, registam-se intrusões de poeiras africanas nas ilhas do Oceano Atlântico, Caraíbas, Sudeste dos Estados Unidos e América do Sul. Em determinadas condições sinóticas estas massas de ar são transportadas até à Península Ibérica. De acordo com Querol *et al* (2013) estes episódios ocorrem quando as condições meteorológicas à escala sinótica são determinadas por:

- sistemas de baixas pressões a Oeste ou Sudoeste da Península Ibérica ou a Norte do continente africano (Figura 3):

- os eventos causados pelas baixas pressões sobre o Atlântico e o Norte de África, com significativos níveis de poeiras africanas, registam-se com maior frequência entre janeiro e junho;
- de julho a outubro surgem com menor frequência, bem como, em novembro e dezembro (nestes dois meses a superfície dos desertos do Norte de África encontra-se mais fria, inibido a capacidade de ressuspensão);
- sistemas de anticiclone localizados sobre o Norte de África, sobre a Península Ibérica (Figura 3) (a níveis superficiais ou elevados - acima dos 850 hPa - da atmosfera), ou sobre a zona Mediterrânica (a níveis superficiais da atmosfera):
  - esta situação conduz à formação de uma massa de ar contendo poeiras, bem definida e com forma convexa, que circula sobre o Oceano Atlântico e alcança a Península Ibérica pela zona Oeste;
  - estes episódios têm um elevado impacte nos níveis de PM<sub>10</sub> na Península Ibérica, em parte devido ao carácter seco dos mesmos;
  - a época do ano em que se produzem estes eventos circunscreve-se quase exclusivamente a janeiro-março. Nessa altura a ressuspensão de poeiras é mais intensa sobre o Sahel, ainda assim, poeiras de outras zonas mais a Norte (tais como o Sahara Ocidental, Mauritânia e Argélia Ocidental) podem ser transportadas até à Península Ibérica.
- outro tipo de cenário de transporte causado por atividade anticiclónica produz-se no verão:
  - nestes casos o anticiclone do Norte de África está localizado a elevada altitude (acima dos 850 hPa) e é aí que ocorre a maior parte do transporte;
  - à superfície, devido ao forte aquecimento do Sahara no verão, desenvolve-se a depressão térmica sobre o Norte de África, fazendo deslocar o anticiclone do Norte África para níveis mais elevados;
  - estes eventos têm sido documentados com maior frequência durante o mês de julho e agosto e constituem o cenário mais comum de transporte de poeiras africanas sobre a Península Ibérica;
  - uma característica particular destes eventos é a maior extensão que apresentam as massas de ar que atingem a Península Ibérica. Em alguns, estes episódios caracterizam-se por afetar a totalidade da Península Ibérica.



**Figura 3. Exemplos de padrões de circulação atmosférica de acordo com centros de baixas pressões (esquerda) e de altas pressões (direita) (Adaptado de: NASA Earth Observatory)**

Os vários tipos de transporte de partículas dos desertos africanos encontram-se resumidos na Tabela 1.

**Tabela 1. Tipologias de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas)**

<b>Tipo de Evento</b>	<b>Período</b>	<b>Origem e Condições meteorológicas predominantes</b>
Baixa probabilidade de ocorrência (apenas em regiões do Sul)	Novembro - Janeiro	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intrusão de partículas inibida</li><li>• Eventos de partículas ocorrem somente nas áreas do Sul (Península Ibérica)</li></ul>
Eventos secos	Fevereiro – Março	<ul style="list-style-type: none"><li>• Origem de material particulado do Sahel</li><li>• Extensas nuvens de partículas descrevem um arco Atlântico</li><li>• Situação de anticiclone (no Mediterrâneo e Norte de África)</li></ul>
Chuvas vermelhas & Eventos secos	Abril - Junho	<ul style="list-style-type: none"><li>• Movimentação de partículas do Sahel para o Sahara</li><li>• Situação de baixa pressão (SO Portugal) e/ou anticiclone (Mediterrâneo e Norte de África)</li></ul>
Eventos secos	Julho – Agosto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Origem de material particulado do Sahara</li><li>• Movimentação intensa de partículas</li><li>• Situação de anticiclone (Mediterrâneo e Norte de África)</li></ul>
Chuvas vermelhas & Eventos secos	Setembro - Outubro	<ul style="list-style-type: none"><li>• Movimentação de partículas do Sahara para o Sahel</li><li>• Situação de baixa pressão (SO Portugal) e/ou anticiclone (Mediterrâneo e Norte de África)</li></ul>

**Fonte:** Querol *et al*, 1999

## 2.2 Enquadramento legislativo

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro (alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março e posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio) define o quadro legislativo e estabelece as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar ambiente para Portugal, como Estado-Membro da União Europeia (UE). Nele encontram-se vários objetivos ambientais em termos das concentrações de material particulado (partículas PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) na atmosfera. O referido documento inclui a possibilidade de se efetuarem descontos, devido a fontes naturais de poluição, aquando da avaliação de conformidade em relação aos valores limite<sup>2</sup>.

Na Tabela 2 encontram-se os objetivos ambientais estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro para a proteção da saúde humana, definidos para as partículas em suspensão de diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm (PM<sub>10</sub>).

**Tabela 2. Objetivos ambientais estabelecidos para a proteção da saúde humana para PM<sub>10</sub> definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010**

Poluente	Objetivo de proteção	Tipo de objetivo ambiental	Período de referência das avaliações	Unidades do objetivo ambiental	Valores numéricos do objetivo ambiental (número de excedências autorizadas)
PM <sub>10</sub>	Saúde	VL (em vigor desde 2005)	Um dia	Dias de excedência num ano civil	50 µg/m <sup>3</sup> (35*)
		VL (em vigor desde 2005)	Um ano civil	Média anual	40 µg/m <sup>3</sup>
		NAT	Um dia	Dias deduzidos de excedência num ano civil	Não definido
			Um ano civil	Dedução da média anual	Não definido

**Legenda:** VL: valor limite; NAT: Avaliação da contribuição natural; \*Objetivo ambiental avaliado através do indicador 36º máximo diário

A avaliação da contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais, nos níveis de qualidade do ar, está prevista pelo enquadramento legal nacional e comunitário. O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro (repblicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio), estabelece que:

*“As contribuições provenientes de fontes naturais poderão ser avaliadas, mas não evitadas. Por conseguinte, aquando da avaliação do respeito dos valores limite relativos à qualidade do ar, deverá ser permitido deduzir as contribuições naturais de poluentes para o ar ambiente, caso estas possam ser determinadas com um grau de certeza suficiente e as excedências sejam devidas total ou parcialmente a estas contribuições naturais.”*

Consideram-se, segundo o mesmo diploma legal, contribuições provenientes de fontes naturais as:

*“emissões de poluentes que não são causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, onde se incluem catástrofes naturais como erupções vulcânicas, atividade sísmica, atividade geotérmica, incêndios florestais incontrolados, ventos de grande intensidade ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas.”*

No âmbito do reporte anual à Comissão Europeia (Decisão 2011/850/CE), os Estados-Membros indicam as causas das excedências ao valor limite de PM<sub>10</sub>, importando por isso identificar a contribuição devida a fontes de emissão naturais.

<sup>2</sup> O valor limite corresponde ao nível de poluentes na atmosfera cujo valor não pode ser excedido, durante períodos previamente determinados, com o objetivo de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no meio ambiente.

Caso a Comissão Europeia seja informada da existência de uma excedência ao valor limite imputável a fontes naturais, essa excedência não é considerada como tal para efeitos de avaliação de conformidade legal.

As comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR) devem elaborar listas das zonas e aglomerações<sup>3</sup> onde as excedências aos valores limite de um determinado poluente são imputáveis a fontes naturais, em conformidade com determinadas metodologias, e reportar essa informação à APA. Esta, por sua vez, transmite essa informação à Comissão Europeia, incluindo os elementos relativos à dedução da contribuição de fontes naturais com as respetivas evidências que demonstrem a sua atribuição a fontes naturais.

O Conselho da União Europeia disponibilizou em 2011 (CUE, 2011) uma publicação onde se estabelecem diretrizes para a demonstração e dedução de excedências atribuídas a fontes naturais no âmbito da Diretiva 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de maio de 2008, encorajando os Estados-Membros a implementar determinadas metodologias e a apresentar sob a forma de um relatório anual a documentação completa dos episódios identificados. Essas indicações foram tidas em conta na elaboração do presente documento.

---

<sup>3</sup> As Zonas e Aglomerações são as unidades funcionais de qualidade do ar, delimitadas para efeitos da avaliação e a gestão da qualidade do ar no território nacional.

## 2.3 Eventos naturais no contexto ibérico: desenvolvimento de uma metodologia conjunta

Relativamente à avaliação dos eventos com origem nos desertos do Norte de África, e do seu impacte nas concentrações de  $PM_{10}$ , tem vindo a ser aplicada uma metodologia conjunta<sup>4</sup> desenvolvida e coordenada pela a equipa do *Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera* (CSIC, Barcelona), com a participação do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT NOVA, no âmbito de um convénio Luso-Espanhol de colaboração entre os respetivos ministérios que tutelam a pasta do Ambiente. Os relatórios anuais, relativos à avaliação destes fenómenos naturais, são habitualmente disponibilizados *on-line* com a avaliação relativa ao território de Portugal<sup>5</sup> e de Espanha<sup>6</sup>.

A intrusão de uma massa de ar carregado de poeiras provenientes das regiões áridas do Norte de África é caracterizada por uma grande dimensão espacial, tendo sido a sua avaliação efetuada, numa fase inicial, para todo o domínio da Península Ibérica, dividida em secções geográficas, atribuídas a Portugal e Espanha (com zonas comuns de análise), representadas na Figura 4. Ao longo dos anos, cada país tem vindo a efetuar a análise das secções do seu território de modo independente, indicando-se as áreas geográficas utilizadas para a avaliação de eventos naturais em Portugal na secção da Metodologia.

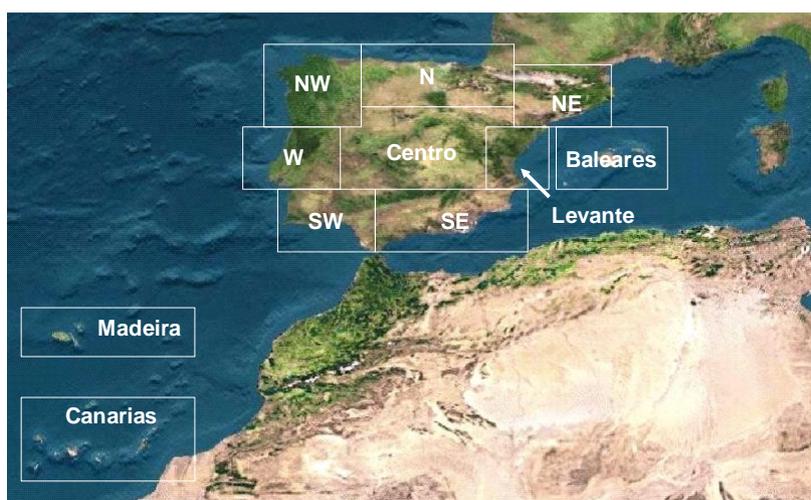


Figura 4. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos

A identificação e avaliação de eventos naturais tem vindo a ser efetuada, em Portugal, desde 2006, ainda que com alguns ajustes na metodologia aplicada e permite:

- inventariar os dias para os quais se identifica a ocorrência de fenómenos naturais;
- quantificar a contribuição do fenómeno natural na média diária e anual de  $PM_{10}$ ;
- avaliar a situação de conformidade legal das estações de monitorização da qualidade do ar relativamente ao cumprimento dos valores limite de  $PM_{10}$  (diário e anual), antes e após a aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural.

<sup>4</sup> Disponível em: [https://www.miteco.gob.es/images/es/metodologiaparaepisodiosnaturales-revabril2013\\_tcm30-186522.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/metodologiaparaepisodiosnaturales-revabril2013_tcm30-186522.pdf).

<sup>5</sup> Disponível em: [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt), Políticas > Ar > Qualidade do Ar Ambiente > Partículas em Suspensão.

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/fuentes-naturales/anuales.aspx>.

## 3 Metodologia

### 3.1 Aspetos gerais

Na presente secção descreve-se resumidamente a metodologia aplicada para efetuar a identificação da ocorrência de eventos naturais de partículas com origem nos desertos africanos, bem como, a quantificação da sua influência nas concentrações de partículas em suspensão PM<sub>10</sub>. Em termos metodológicos seguem-se as seguintes etapas:

- **1ª etapa:** os dias de ocorrência de intrusão de massa de ar proveniente do Norte de África são identificados para cada região do país, recorrendo-se a um conjunto de ferramentas para o efeito;
- **2ª etapa:** em cada região identifica-se uma estação de monitorização da qualidade do ar, rural de fundo, representativa da qualidade do ar, livre da influência de fontes de emissão antropogénica. Estas estações servem, numa primeira fase, para verificar se houve influência do evento natural nas concentrações de partículas medidas à superfície e, numa segunda fase, para quantificar a contribuição da intrusão de poeiras em cada região de jurisdição das Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) no território continental e Direção Regional de Ambiente e Alterações Climáticas na Região Autónoma da Madeira;
- **3ª etapa:** após a identificação dos dias em que ocorreu intrusão de massa de ar transportando partículas provenientes do Norte de África, a contribuição do evento em Portugal é quantificada em cada região, através da aplicação da metodologia ibérica. Esta abordagem permite descontar, a fração de origem natural, às concentrações médias diárias registadas em todas as estações da rede de monitorização da qualidade do ar.

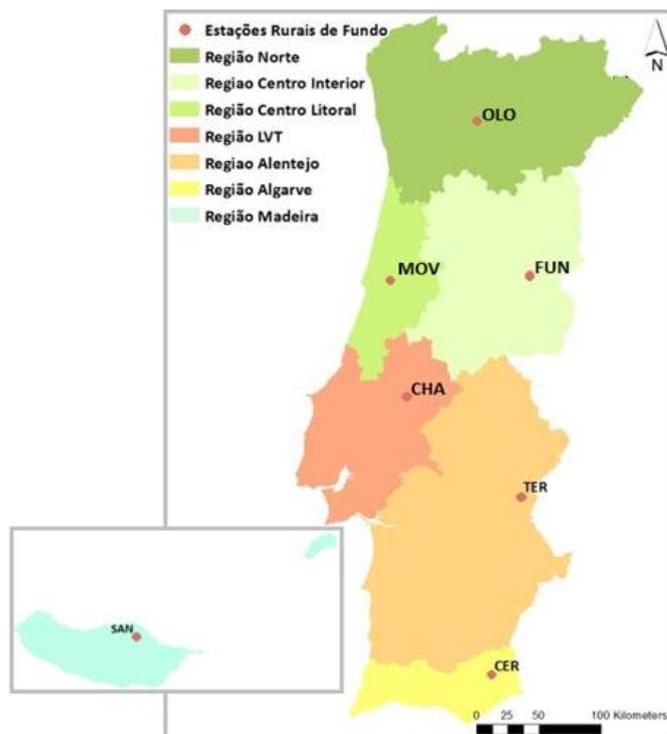
### 3.2 Domínio espacial

A análise da ocorrência de eventos naturais é efetuada em seis regiões de Portugal, de acordo com as áreas regionais de jurisdição da qualidade do ar: Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, Alentejo, Algarve e Região Autónoma da Madeira.

Como ponto de partida, para cada uma das regiões em estudo, é selecionada uma estação rural de fundo representativa. O objetivo é que a estação seja o mais remota possível em relação à influência de fontes de emissão antropogénicas para se poder identificar a contribuição da fração natural nas concentrações de partículas em suspensão. Neste processo, a região Centro representa uma exceção, sendo utilizadas duas estações rurais de fundo representativas (Caixa 1).

Selecionaram-se as seguintes estações representativas, representadas na Figura 5:

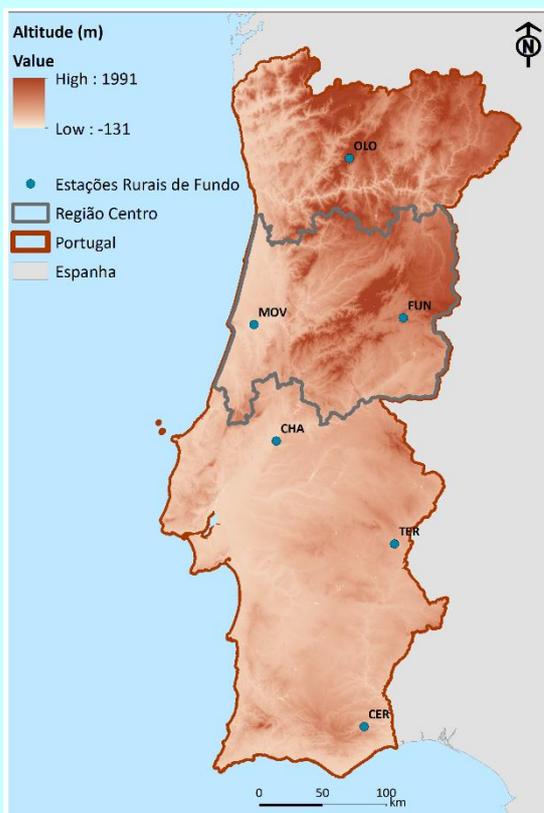
- Douro Norte (abreviatura: OLO) na região Norte;
- Montemor-o-Velho (abreviatura: MOV) na zona Centro Litoral e Fundão (abreviatura: FUN) na zona Centro Interior;
- Chamusca (abreviatura: CHA) na região de Lisboa e Vale do Tejo;
- Terena (abreviatura: TER) na região Alentejo;
- Cerro (abreviatura: CER) na região do Algarve;
- Santana (abreviatura: SAN) na região da Madeira.



**Figura 5. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira em 2023**

A análise anual efetuada tem vindo a excluir a Região Autónoma dos Açores (RAA), uma vez que os principais produtos de previsão de eventos naturais, para a Europa e Norte de África, não abrangem espacialmente esta região. Na Caixa 2 apresenta-se informação adicional relativa a esta região.

## ► Caixa 1. A especificidade da região Centro



**Figura 6. Altitude em Portugal Continental (m) e localização de estações rurais de fundo representativas para a metodologia anual de avaliação de eventos naturais**

A região Centro apresenta uma orografia determinante (principalmente marcada pela Cordilheira Central, juntamente com os maciços das Serras de Caramulo e Montemuro), que influencia a dispersão dos poluentes atmosféricos.

É frequente verificar-se a ocorrência de um desfaseamento entre a intensidade do evento natural registado nas zonas Centro Litoral e Centro Interior.

Analisando os coeficientes de correlação entre as concentrações de poluentes da zona Centro Litoral e Interior, verificaram-se também comportamentos distintos entre estas duas zonas.

Por estes motivos, tem vindo a ser aplicada uma abordagem metodológica que trata as zonas de qualidade do ar do Centro Litoral e Interior de forma independente.

Assim, são seleccionadas duas estações rurais de fundo representativas da região:

- a do **Fundão** para a zona Centro Interior,
- a de **Montemor-o-Velho** para a zona Centro Litoral (esta estação apresentou uma boa cobertura anual de medições, bem como, a concentração média de  $PM_{10}$  mais reduzida da zona Centro Litoral).

## ► Caixa 2. A especificidade da Região Autónoma dos Açores

A Região Autónoma dos Açores (RAA) não tem vindo a ser incluída na análise anual de eventos naturais ocorridos em Portugal, uma vez que os principais produtos de previsão destes fenómenos, para a Europa e Norte de África, não abrangem espacialmente a totalidade desta região.

A RAA apresenta um histórico de dados de monitorização da qualidade do ar medidos na estação do Faial, disponibilizados na Base de Dados On-line Qualar<sup>7</sup>. Verifica-se que os níveis de PM<sub>10</sub> registados no Faial são habitualmente reduzidos, sendo que em 2023 esta estação apresentou a mais reduzida média anual de PM<sub>10</sub> do país (de 5 µg/m<sup>3</sup>) e um percentil 95 (diário) de 10 µg/m<sup>3</sup>. Em 2023 não ocorreram quaisquer excedências ao valor limite diário de PM<sub>10</sub> nesta estação, não se registando quaisquer situações críticas para a saúde humana, relacionadas com este poluente.

É de referir que em 2023, passaram a estar disponíveis, também na Base de Dados Qualar, dados relativos a três novas estações de monitorização na RAA, que assim conta agora com informação de qualidade do ar disponível ao público, dada pelas seguintes estações (representadas na Figura 7):

- **Faial** (abreviatura: **FAL**), estação de tipologia Rural de Fundo (localizada na Ilha do Faial),
- **Angra do Heroísmo** (abreviatura: **AHE**), estação de tipologia Urbana de Tráfego, (localizada na Ilha Terceira),
- **Ribeira Grande** (abreviatura: **RGR**), estação de tipologia Urbana de Tráfego (localizada na Ilha de São Miguel),
- **Ponta Delgada** (abreviatura: **PDE**), estação de tipologia Urbana de Fundo (localizada na Ilha de São Miguel).

Dada a nova informação disponível, será efetuado um esforço na avaliação das ferramentas disponíveis de modo a que, em edições futuras, se inclua esta região na análise efetuada a nível nacional.

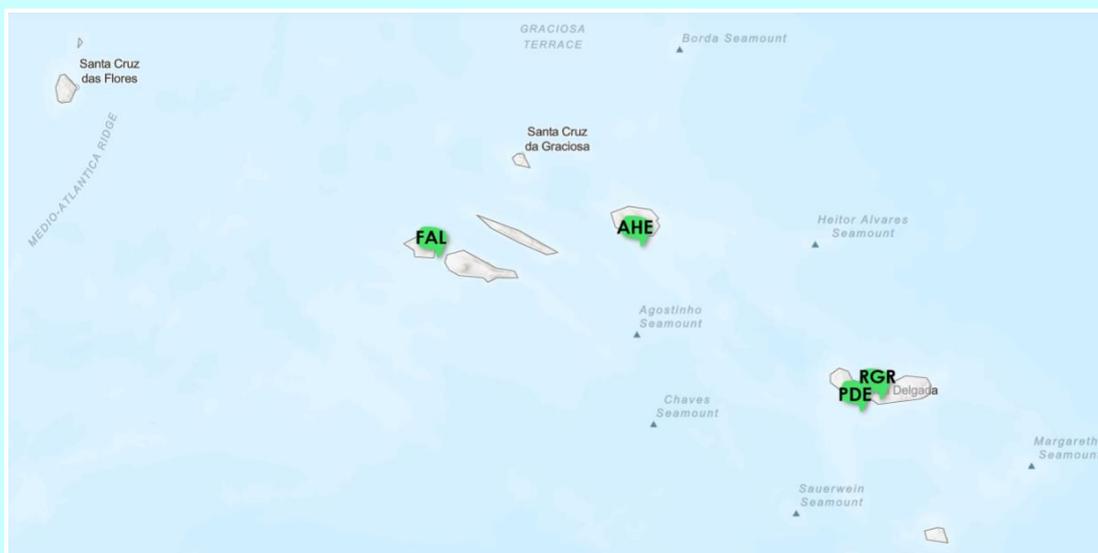


Figura 7. Representação da Região Autónoma dos Açores e da localização das estações da rede de monitorização da qualidade do ar (FAL, AHE, RGR e PDE) (mapa base adaptado de: Qualar)

<sup>7</sup> Disponível em: <https://qualar.apambiente.pt/indices>.

### 3.3 Identificação de eventos naturais

A identificação dos dias de evento natural é efetuada anualmente e tem sido baseada na metodologia descrita por Querol *et al* (2013). Para tal, utiliza-se uma combinação de informação dada por diversas fontes (representadas na Figura 8), nomeadamente:

- a) Informação dada por modelos: da Organização Meteorológica Mundial (WMO)/ Agência Meteorológica Espanhola (AEMET)/ Barcelona Supercomputing Center (BSC) **WMO Barcelona Dust Regional Center** (Daily Dust Products/ Multi-model)<sup>8</sup> e Modelo **SKIRON Dust**<sup>9</sup>: indicam o acréscimo de poeira mineral, com origem nos desertos do Norte de África, nas concentrações de partículas à superfície;
- b) Retrotrajetórias do modelo **HYSPLIT**<sup>10</sup>: indicam a proveniência e o percurso da massa de ar no local das estações de monitorização, a vários níveis de altitude (750 m, 1500 m, 2500 m), nos cinco dias anteriores à data em estudo. Nesta etapa seleciona-se, para cada uma das regiões em estudo, uma localização da estação rural de fundo representativa para a qual se obtêm as retrotrajetórias nas datas em estudo de ocorrência de evento natural. É também nestas estações que se baseia a metodologia de quantificação da fração natural (daí que se pretenda que a estação seja a mais remota possível em relação à influência de fontes de emissão antropogénicas, apresentando as concentrações mais reduzidas de partículas em suspensão para se poder identificar a contribuição da fração natural);
- c) Produtos **NAAPS** Global Aerosol Model<sup>11</sup>: fornecem informação relativa à ocorrência de poeiras, sulfatos e incêndios. Esta informação é particularmente relevante na análise de anos com ocorrência de elevado número de incêndios florestais, permitindo distinguir as causas de aumentos significativos nas concentrações de partículas em zonas rurais;
- d) Adicionalmente, têm sido consultadas, **imagens de satélite** em que é visível a influência de evento natural (NASA WorldView<sup>12</sup>) ou a ocorrência de incêndios (NASA FIRMS<sup>13</sup>) que possam ter afetado as concentrações de PM<sub>10</sub> no período em análise, apresentadas sempre que se justifique para ilustração de casos particulares;
- e) **Concentrações** medidas nas estações de monitorização da qualidade do ar<sup>14</sup> em cada região: esta informação é utilizada para aferir se o perfil de concentrações de PM<sub>10</sub> é influenciado pela ocorrência de evento natural (há eventos que, apesar de detetados por modelação, acabam por não ter expressão significativa no aumento das concentrações de PM<sub>10</sub> medidas à superfície). Nos dias de ocorrência de eventos naturais é habitual ser visível, nas concentrações de PM<sub>10</sub>, a influência deste fenómeno em todas as estações de monitorização de uma região, ou mesmo em várias regiões em simultâneo. Na presente edição foram também tidas em conta as concentrações de carga mineral particulada, de origem natural, dadas pelo CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service)<sup>15</sup>, extraídas para a localização das estações rurais de fundo consideradas representativas no âmbito da metodologia de análise. Assim, para verificar o impacto da ocorrência de evento natural nas estações rurais de fundo, foi analisado

---

<sup>8</sup> Daily Dust Products/ Multi-model: <https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products>

<sup>9</sup> SKIRON Dust: <https://forecast.uoa.gr/en/forecast-maps/dust/europe>

<sup>10</sup> HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory): [http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_traj.php](http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php).

<sup>11</sup> NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) - NRL/Monterey: <https://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/#currentaerosolmodeling>

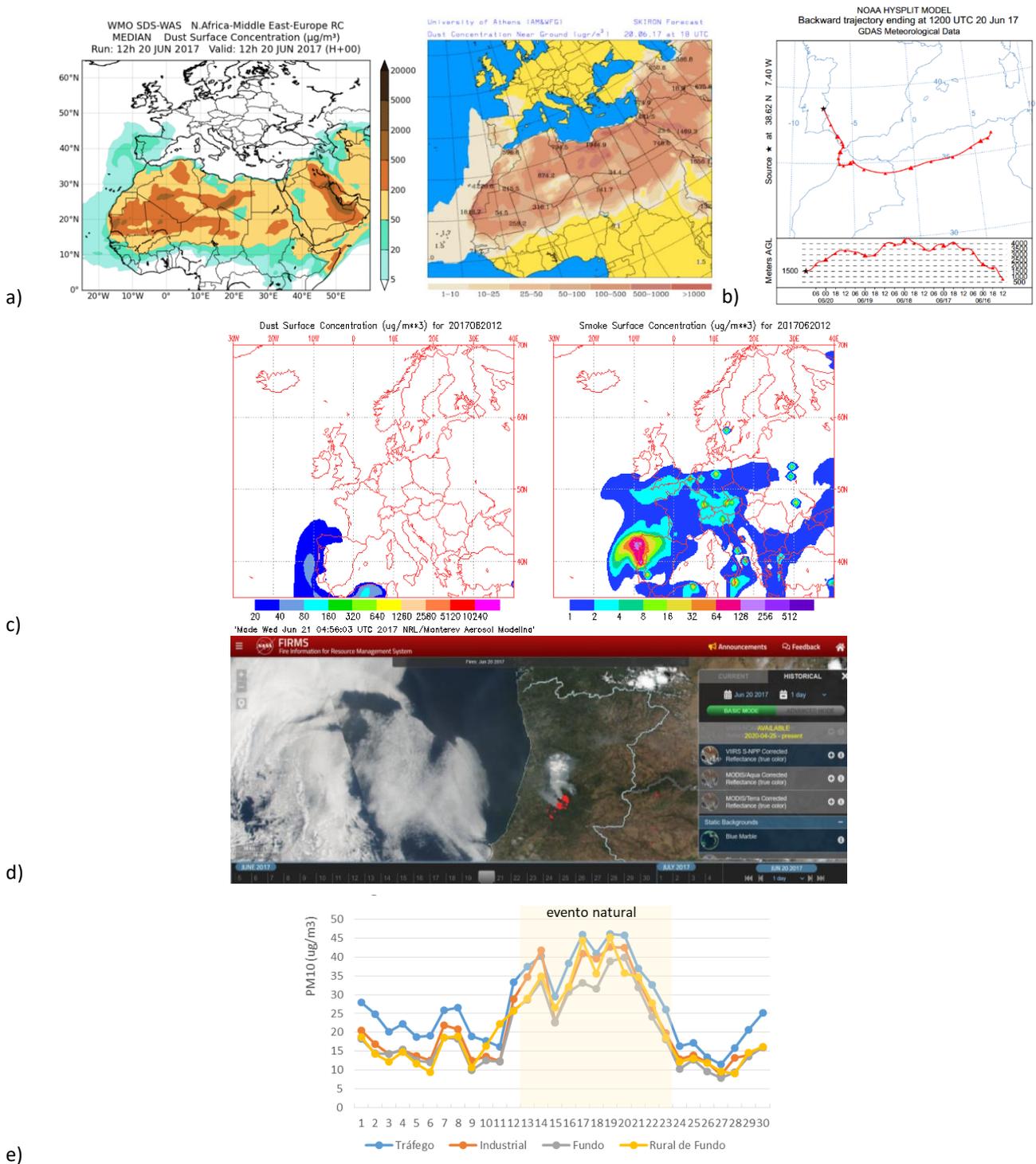
<sup>12</sup> NASA EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) Worldview: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

<sup>13</sup> NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System): <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>

<sup>14</sup> QUALAR/Downloads: <https://qualar.apambiente.pt/downloads>

<sup>15</sup> O Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) é um serviço implementado pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts que fornece dados e informações contínuas sobre a composição atmosférica. Os dados utilizados foram cedidos diretamente por elementos do CAMS – FAIRMODE WG8, no âmbito de um exercício conjunto a nível europeu.

o indicador 'peso da fração de poeiras (*Dust*)' face à média diária de PM<sub>10</sub>, dado pelo CAMS Regional Interim Reanalyses<sup>16</sup>.



**Figura 8. Fontes de informação utilizadas na identificação da ocorrência de eventos naturais em Portugal (exemplo para dia 20/06/2017): a) WMO SDS-WAS e SKIRON, b) HYSPLIT, c) NAAPS Dust e Smoke, d) Imagens de satélite NASA FIRMS com identificação dos incêndios ativos, e) Concentrações de PM<sub>10</sub>**

<sup>16</sup> Disponível em: <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-europe-air-quality-reanalyses?tab=overview>

### 3.4 Quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão

De acordo com o descrito no Guia para a demonstração e subtração de excedências atribuíveis a fontes naturais (CUE, 2011), a quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão no ar ambiente deve obedecer aos seguintes princípios chave:

- a) as contribuições naturais não devem ser causadas por atividades humanas diretas ou indiretas;
- b) a quantificação da contribuição natural deve ser suficientemente precisa;
- c) a quantificação da contribuição natural deve ser temporalmente consistente com o período de integração do valor limite considerado;
- d) a quantificação das fontes naturais deve ser descrita espacialmente;
- e) as contribuições da fração natural devem ser demonstradas através de um processo de avaliação sistemática.

Após a identificação dos dias em que ocorreu intrusão de ar transportando partículas provenientes das zonas áridas do Norte de África, a contribuição do evento natural em Portugal é quantificada por região. A metodologia de cálculo da contribuição das PM<sub>10</sub> de origem natural, que tem sido aplicada a nível nacional, é baseada na indicada em Querol *et al* (2013).

Para cada uma das regiões em estudo, é selecionada uma estação rural de fundo representativa (tal como descrito no ponto 3.2 *Domínio espacial*). Os cálculos da contribuição da fração natural compreendem, resumidamente, as seguintes etapas:

- preparação do conjunto de dados diários (concentrações médias diárias de PM<sub>10</sub>) de todas as estações de monitorização, organizadas por regiões que serão avaliadas de forma independente;
- para cada dia de evento natural, previamente identificado, em cada estação regional de fundo selecionada como representativa, determina-se o Percentil 40 dos 30 dias centrados nesse dia de evento (sendo o dia de evento o 15.º e não se incluindo o valor registado neste dia no cálculo do percentil). Considera-se que o Percentil 40<sup>17</sup> reproduz adequadamente o valor das estações de fundo sob a influência de processos de advecção de ar atlântico (não contaminado);
- a diferença entre o valor de PM<sub>10</sub> registado no dia de evento e o Percentil 40 desse dia corresponde à contribuição de PM<sub>10</sub> de origem natural;
- a contribuição calculada a partir da estação de fundo representativa de cada região é posteriormente subtraída às concentrações médias diárias de todas as estações de cada região.

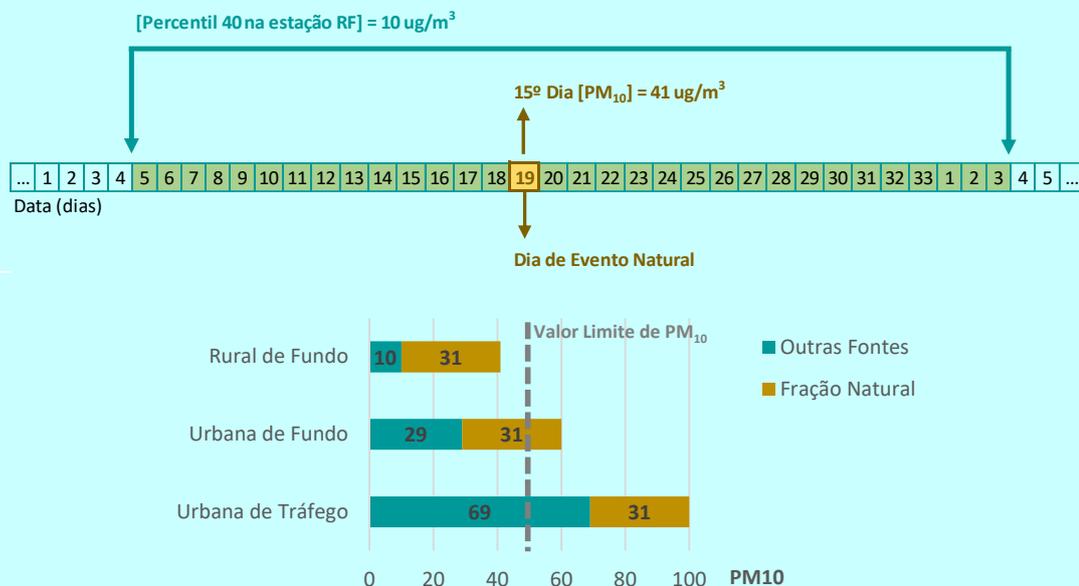
A Caixa 3 exemplifica um caso de quantificação de um hipotético evento natural.

---

<sup>17</sup> Estudos efetuados sobre os níveis de PM<sub>10</sub>, registados em estações EMEP em Espanha e em locais regionais de fundo em Portugal, durante dias com condições atmosféricas advectivas prevaletentes (Atlântico, Mediterrâneo, Europa, mas excluindo dias africanos) mostram que o percentil 40, centrado num período de 30 dias, reproduz adequadamente o histórico regional registado em processos advectivos (Querol *et al.*, 2013; Escudero, 2007).

► Caixa 3. Exemplo de quantificação da influência de um evento natural nas concentrações de PM<sub>10</sub>

- Considere-se um evento natural a ocorrer no dia 19 de um dado mês (representado na Figura abaixo);
- Considerem-se duas estações de monitorização da qualidade do ar, uma Urbana de Fundo (UF) e outra Urbana de Tráfego (UT), com médias diárias de PM<sub>10</sub> de 60 e 100 µg/m<sup>3</sup>, respetivamente, no dia de evento natural. Ambas as concentrações estão acima do valor limite diário deste poluente de 50 µg/m<sup>3</sup>:
  - [UF PM<sub>10</sub>] = 60 µg/m<sup>3</sup>
  - [UT PM<sub>10</sub>] = 100 µg/m<sup>3</sup>
- A estação Rural de Fundo (RF), selecionada como representativa da região em estudo, registou uma média diária de 41 µg/m<sup>3</sup> no dia de evento natural. O percentil 40 mensal de concentrações, nesta estação, centrado no mesmo dia (e não incluindo a concentração de PM<sub>10</sub> no dia de evento natural) é de 10 µg/m<sup>3</sup>:
  - [RF PM<sub>10</sub>] = 41 µg/m<sup>3</sup>
  - [RF P40 PM<sub>10</sub>] = 10 µg/m<sup>3</sup>
- A contribuição de PM<sub>10</sub> devida ao evento natural, calculada para a estação RF representativa, é então dada por:
  - [Fração Natural] = [RF PM<sub>10</sub>] - [RF P40 PM<sub>10</sub>] = 41 - 10 = 31 µg/m<sup>3</sup>
- A Fração Natural assim determinada é posteriormente subtraída às concentrações das estações UF e UT:
  - [UF PM<sub>10</sub>] - [Fração Natural] = 60 - 31 = 29 µg/m<sup>3</sup>
  - [UT PM<sub>10</sub>] - [Fração Natural] = 100 - 31 = 69 µg/m<sup>3</sup>
- Neste exemplo, a subtração aplicada à estação UF elimina o dia em excedência ao valor limite diário de PM<sub>10</sub> (29 < 50 µg/m<sup>3</sup>), mas tal não ocorre no caso da estação UT (69 > 50 µg/m<sup>3</sup>);
- A Figura abaixo representa esquematicamente a situação exposta:



A análise dos resultados obtidos com a aplicação desta metodologia pode incidir em vários aspetos, entre eles a verificação da conformidade legal – face aos valores limite (VL) anual e diário de PM<sub>10</sub>. Se uma dada estação estiver em excedência ao VL e, após a subtração do evento natural, a concentração se tornar inferior ao VL, então considera-se que essa situação de excedência foi causada pela contribuição de uma fonte natural, tal como previsto pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

Na aplicação da metodologia de desconto de eventos naturais podem surgir situações especiais que implicam ligeiras alterações à metodologia definida. Algumas delas decorrem do desfasamento entre a intensidade do evento registado numa estação rural de fundo e nas restantes estações de uma dada região, pelo facto de a massa de ar carregada com partículas ter uma diferente abrangência espacial, por exemplo, progredindo sequencialmente do litoral para o interior (ou vice-versa), ou em diferentes níveis verticais da atmosfera. Destacam-se as seguintes situações especiais identificadas:

- (i) **indisponibilidade de dados de concentrações médias diárias da estação rural de fundo representativa** – em determinado dia de episódio pode não haver informação relativa à concentração de PM<sub>10</sub> na estação rural de fundo representativa. Neste caso, a contribuição de origem natural de partículas pode ser calculada utilizando outra estação rural de fundo (de preferência a mais próxima e da mesma região);
- (ii) **a contribuição natural obtida é nula** – em determinados episódios o desconto da contribuição poderá ser nulo. Esta situação reflete um episódio com fraca carga de partículas;
- (iii) **a contribuição natural obtida é negativa** – em determinadas situações o fenómeno natural é mais intenso na localização da estação rural de fundo representativa do que nas restantes, sendo que a contribuição natural estimada pode dar origem a valores negativos. Nestes casos pode seleccionar-se uma das opções, pela seguinte ordem:
  - a. substitui-se o valor estimado do desconto pela média dos descontos entre a estação rural de referência e a estação rural de fundo mais próxima;
  - b. se o valor descontado continuar negativo, substitui-se pelo desconto determinado através da estação rural de fundo mais próxima;
  - c. caso o valor continue negativo, então substitui-se o valor da estação, onde ocorre este caso, pelo Percentil 40 da própria estação (removendo os dias de evento natural);
- (iv) **efeito de persistência** – na identificação dos dias com ocorrência de evento natural inclui-se a possibilidade do prolongamento da intrusão, por efeito de persistência do evento, caso as condições meteorológicas não favoreçam a dispersão atmosférica. Pode considerar-se até dois dias o período de residência das partículas com origem natural, após o evento ter terminado.

### 3.5 Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar

A constituição das redes de monitorização da qualidade do ar é regulada pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, que estabelece critérios quanto à tipologia de estações e número mínimo dados recolhidos anualmente em medições consideradas de medição fixa e indicativa.

Na avaliação de eventos naturais os dados das estações rurais de fundo são essenciais (para determinar os descontos a aplicar a todas as restantes estações), sendo desejável obter a série de dados anual o mais completa possível. Na secção de resultados é efetuada uma análise prévia às eficiências anuais das medições de PM<sub>10</sub> nas estações de monitorização, de modo a ter uma perceção do grau de cobertura anual de dados.

A eficiência mínima legal (de acordo com o referido Decreto-Lei) a considerar para uma estação com medições fixas em contínuo é de 85%<sup>18</sup>. Abaixo desse valor (mas superior a 14%) considera-se que as medições são indicativas. As estações de monitorização também são designadas como indicativas se não excederem o limiar superior de avaliação (LSA) nos cinco anos anteriores, sendo a sua necessidade de monitorização menos exigente, desde que esteja acima da cobertura mínima anual de 14%.

---

<sup>18</sup> No Anexo II do Decreto-Lei n.º 102/2010, relativo aos objetivos de qualidade dos dados, é indicada uma taxa mínima de recolha de dados de 90%. No entanto, a este valor, podem acrescer perdas de dados decorrentes de operações de calibração de equipamentos até 5%. Assim, a eficiência mínima final comumente considerada é de 85%.

## 4 Identificação dos dias de evento natural em 2023

Em 2023 identificaram-se, no total, 183 dias de intrusão de massa de ar com origem no Norte de África sobre o território de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, representando 50% do ano, enquadrando-se num valor muito acima da média (de 33%, ou 120 dias por ano, considerando o período de análise de 2009 a 2022), tal como demonstrado na Figura 9.

Os dias de evento natural identificados, de acordo com a metodologia descrita anteriormente, para o ano de 2023, encontram-se indicados na Tabela 3. A análise individualizada de todos os episódios identificados encontra-se documentada em Anexo ao presente relatório.

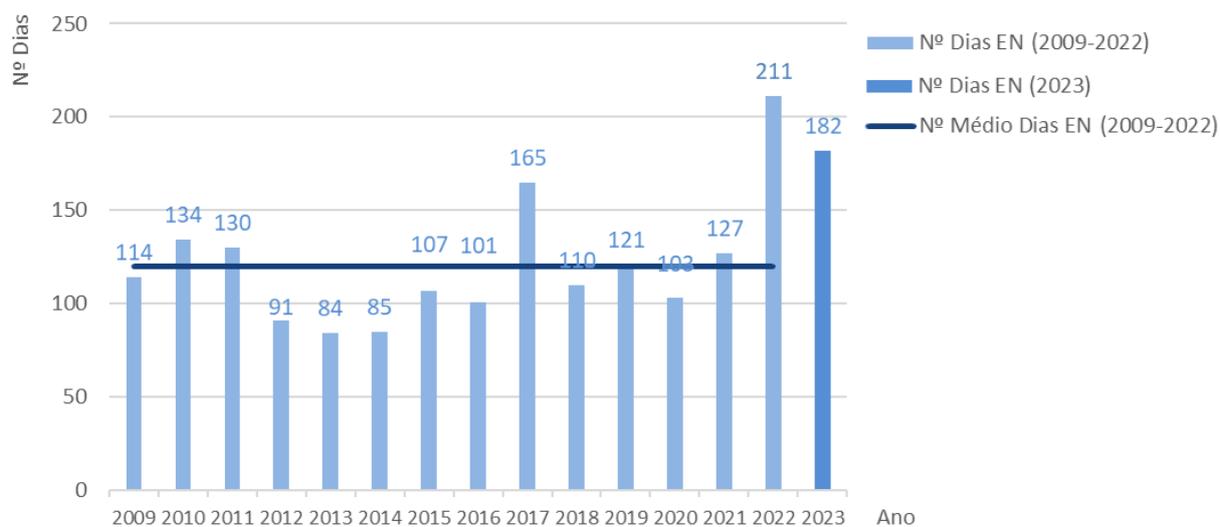


Figura 9. Distribuição do número de dias de evento natural por ano

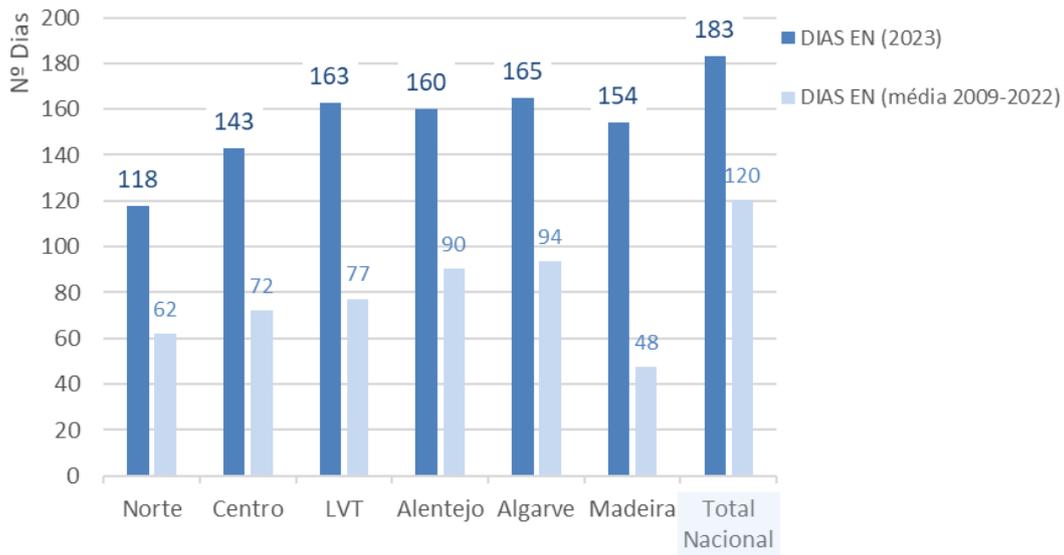
**Tabela 3. Identificação da ocorrência de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África, no ano de 2023, por região e data de ocorrência**

Mês	Região	Dia do mês																															Total			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
JAN	NOR	x			x	x	x																	x	x	x	x					x	x	10		
	CEN	x			x	x	x	x																x	x	x	x					x	x	11		
	LVT	x				x	x	x																x	x	x	x					x	x	10		
	ALE	x				x	x	x	x																	x	x	x					x	x	10	
	ALG	x				x	x	x	x																	x	x	x					x	x	10	
	MAD	x					x	x	x	x															x	x	x	x	x				x	x	12	
FEV	NOR				x	x																												16		
	CEN				x	x																													13	
	LVT				x	x	x																												15	
	ALE				x																														15	
	ALG				x																														14	
	MAD				x	x	x	x																											12	
MAR	NOR				x	x	x																											9		
	CEN				x	x	x	x																											9	
	LVT				x	x	x	x																											9	
	ALE				x	x	x																												8	
	ALG				x	x	x																													8
	MAD				x																															9
ABR	NOR				x																														10	
	CEN				x	x																													15	
	LVT				x	x																													15	
	ALE				x	x	x																												15	
	ALG				x	x	x																												15	
	MAD				x	x	x																												15	
MAI	NOR				x	x																												5		
	CEN				x	x																												8		
	LVT				x	x																												10		
	ALE				x	x																												8		
	ALG				x	x																												9		
	MAD				x	x																												7		
JUN	NOR				x	x	x	x																										15		
	CEN				x	x	x	x	x																									17		
	LVT				x	x	x	x	x	x																								20		
	ALE				x	x	x	x	x	x																								21		
	ALG				x	x	x	x	x	x																								20		
	MAD				x	x	x	x	x																									6		
JUL	NOR																																	5		
	CEN																																	9		
	LVT				x	x	x																											14		
	ALE				x	x	x																											12		
	ALG				x	x	x																											15		
	MAD				x	x	x	x	x																									13		
AGO	NOR																																	9		
	CEN																																	13		
	LVT																																	15		
	ALE																																	17		
	ALG																																	16		
	MAD																																	22		
SET	NOR																																	11		
	CEN																																	13		
	LVT																																	16		
	ALE																																	15		
	ALG																																	17		
	MAD																																	13		
OUT	NOR																																	13		
	CEN																																	15		
	LVT																																	15		
	ALE																																	15		
	ALG																																	15		
	MAD																																	17		
NOV	NOR																																	6		
	CEN																																	10		
	LVT																																	12		
	ALE																																	12		
	ALG																																	12		

Mês	Região	Dia do mês																														Total		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31	
	MAD														x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							14
DEZ	NOR					x						x	x							x	x									x	x	x	x	9
	CEN					x						x	x							x	x								x	x	x	x	x	10
	LVT					x						x	x							x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	12
	ALE					x						x	x							x	x	x						x	x	x	x	x	x	12
	ALG					x						x	x							x	x	x						x	x	x	x	x	x	14
	MAD											x	x	x																				

**Legenda:** NOR: região Norte; CEN: região Centro; LVT: região de Lisboa e Vale do tejo; ALE: região do Alentejo; ALG: região do Algarve; MAD: região da Madeira. Dias de ocorrência de evento natural assinalados com "x".

O número de dias com intrusões de massa de ar com origem no Norte de África foi mais elevado nas regiões a sul de Portugal Continental e menos elevado nas regiões Norte e Centro (Figura 10), de acordo com um padrão já habitual. Face aos anos anteriores, obteve-se uma maior incidência de dias de evento natural no Arquipélago da Madeira (onde se costumam identificar menos dias de evento natural mas com um maior impacto nas concentrações de PM<sub>10</sub>). Uma tendência semelhante foi verificada na região das ilhas Canárias, em Espanha, onde se obteve um maior número dias de evento natural do que é habitual e menor na região da Península e Arquipélago Balear<sup>19</sup>.



**Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2023**

<sup>19</sup> Disponível em: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/fuentes-naturales/anales.aspx>.

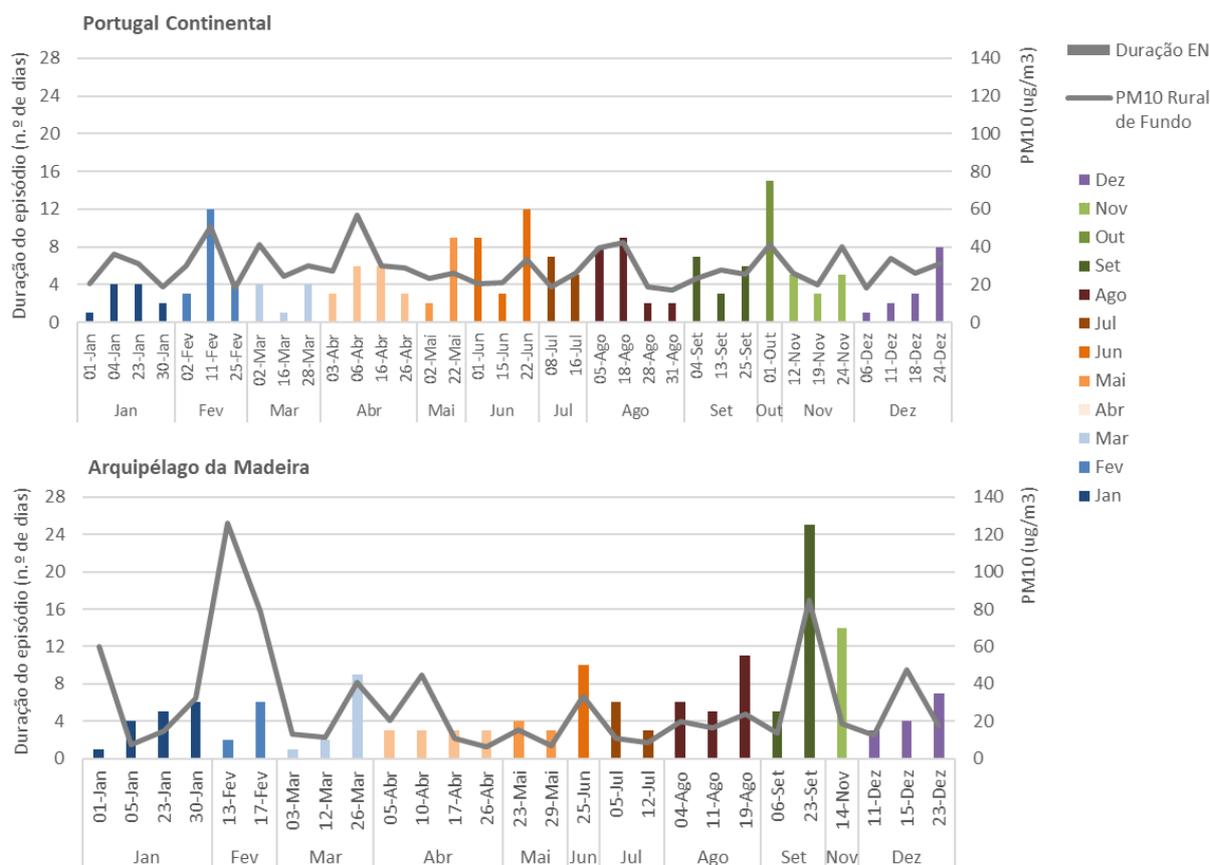
Em 2023, os 183 dias de evento natural ocorreram em episódios que afetaram de forma distinta Portugal Continental e o Arquipélago da Madeira (representados na Figura 11 e Figura 12).

Em **Portugal Continental** os episódios de evento natural apresentaram as seguintes características:

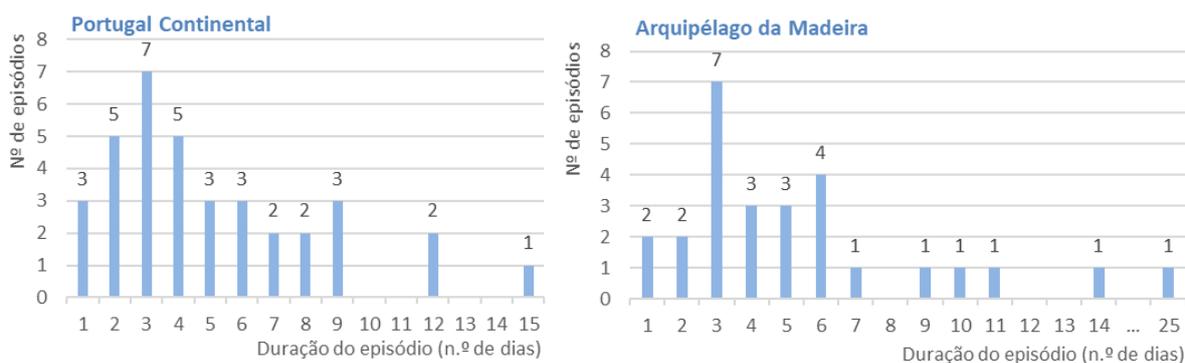
- os 183 dias de evento natural ocorreram distribuídos por 36 episódios com influência sobre o território de em Portugal Continental (Figura 11);
- a duração média dos episódios foi de 5 dias;
- foram frequentes episódios de longa duração (ocorreram 8 episódios com uma duração igual ou superior a uma semana) o que não foi muito habitual em anos anteriores a 2022;
- ocorreram episódios de transporte de poeiras em todos os meses do ano, tendo tido, o mais longo dos quais, 15 dias de duração no mês de outubro;
- em fevereiro, junho e outubro ocorreram episódios persistentes, com duração de 12 a 15 dias;
- ocorreram dois episódios (em fevereiro e abril) de elevada intensidade, conduzindo a ultrapassagens ao valor limite diário de PM<sub>10</sub> em estações rurais de fundo;
- no mês de abril, o episódio ocorrido entre os dias 06 e 11 foi-se intensificando, tendo sido atingida uma concentração média de PM<sub>10</sub> acima do valor limite diário, na estação rural de fundo de Terena, de 57 µg/m<sup>3</sup> no dia 09 de abril (e concentrações horárias, a partir das 17H acima dos 100 µg/m<sup>3</sup>), ainda que com influência relativamente pouco abrangente, já que nas restantes estações de monitorização as concentrações não aumentaram de forma tão intensa (Figura 13).

No **Arquipélago da Madeira** os episódios de evento natural apresentaram as seguintes características:

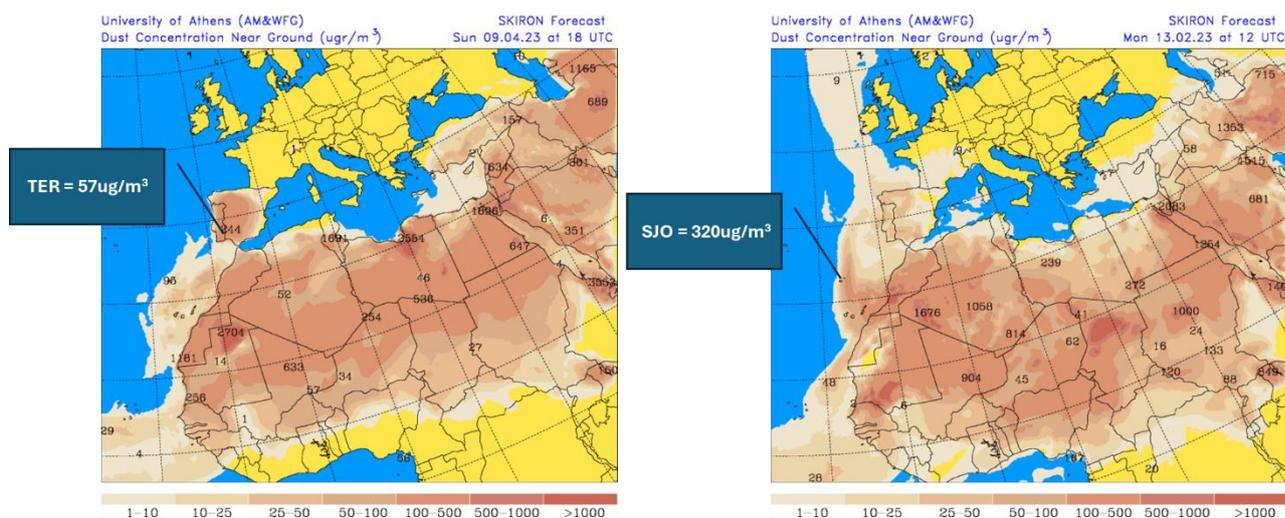
- os 154 dias de evento natural ocorreram distribuídos por 27 episódios (Figura 11);
- a duração média dos episódios na região da Madeira foi de 6 dias;
- ocorreram 5 episódios de longa duração (igual ou superior a uma semana);
- ocorreram episódios de transporte de poeiras em todos os meses, tendo tido, o mais longo dos quais, 25 dias de duração, iniciando-se a 23 de setembro e prolongando-se até 17 de outubro (o mesmo episódio atingiu o Arquipélago da Madeira e Portugal Continental);
- ocorreram quatro episódios de grande intensidade (em janeiro, fevereiro e setembro), com concentrações registadas, na estação rural de fundo de Santana, acima do valor limite diário de PM<sub>10</sub>;
- o episódio de fevereiro, de curta duração (tendo ocorrido nos dias 13 e 14), originou concentrações muito elevadas em todas as estações da Ilha da Madeira, atingindo-se 320 µg/m<sup>3</sup> no dia 13 na estação de São João (concelho do Funchal), 267 µg/m<sup>3</sup> no dia 14 na estação de São Gonçalo (concelho do Funchal) e 126 µg/m<sup>3</sup> no dia 14 na estação de Santana.



**Figura 11. Duração de cada episódio de evento natural ocorrido em 2023 e concentração média diária de PM<sub>10</sub> mais elevada durante o episódio, registada em estações Rurais de Fundo, em Portugal Continental (em cima) e no Arquipélago da Madeira (em baixo)**



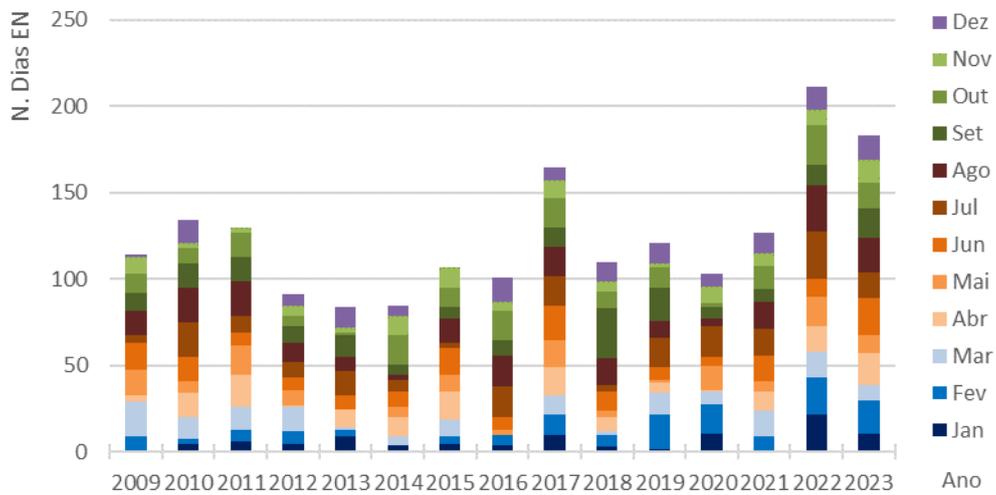
**Figura 12. Distribuição do número de episódios de evento natural, em 2023, de acordo com a sua duração, em Portugal Continental e no Arquipélago da Madeira**



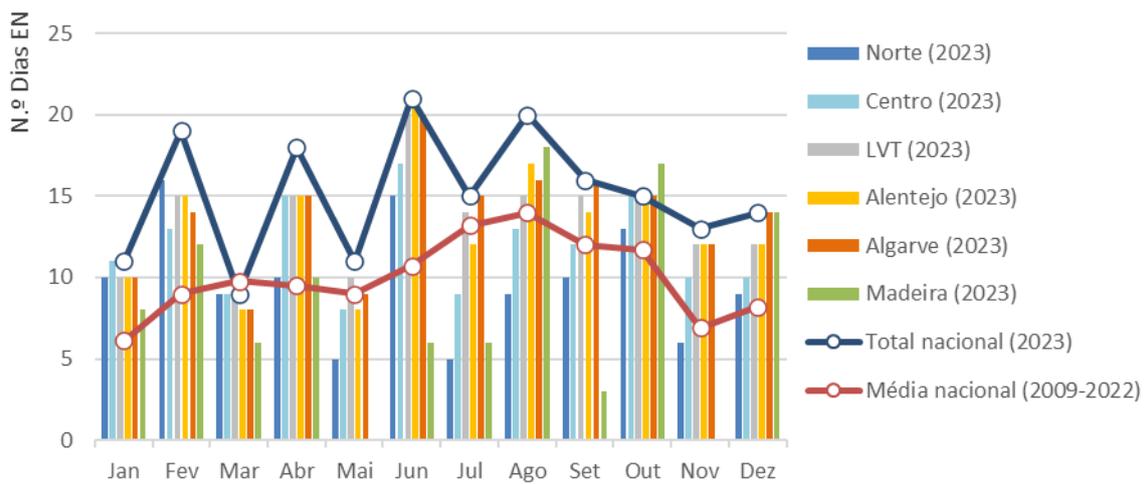
**Figura 13. Episódios de maior intensidade ocorridos em Portugal Continental (09 de abril, representado à esquerda) e Arquipélago da Madeira (13 de fevereiro, representado à direita) e respectivas concentrações médias diárias de PM<sub>10</sub> registadas em estações de monitorização da qualidade do ar (Terena e São João)**

A Figura 14 apresenta a distribuição do número de dias de evento natural por mês e ano. A Figura 15 mostra a distribuição da ocorrência de eventos naturais, de 2023, por mês e região. Verifica-se que os meses de maior ocorrência de eventos naturais têm apresentado alguma variabilidade nos últimos anos (Figura 14).

Em 2023 o número de dias de evento natural por mês apresentou muitas oscilações, alternando, de janeiro a agosto, entre meses com menor número de dias de evento natural e meses com mais dias de evento (Figura 15). Os meses de fevereiro, abril e junho destacam-se com o maior desvio face à média dos últimos catorze anos, tendo tido um elevado número de dias com evento natural. Em março o número de dias de evento foi inferior à média nacional (Figura 15).



**Figura 14. Distribuição do número de dias de evento natural por mês e ano**



**Figura 15. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2023**

A ocorrência de eventos naturais tende a ser mais frequente sob determinadas situações sinóticas. É frequente ocorrerem episódios de transporte de poeiras associados a ondas de calor, em situações em que a circulação atmosférica promove o transporte de massa de ar com origem nas regiões áridas do Norte de África. Podem ainda decorrer, em simultâneo, incêndios florestais (que podem interferir na análise da contribuição de fontes naturais de PM<sub>10</sub>).

Em 2023 ocorreram episódios de evento natural em todos os meses do ano, em número de dias acima da média dos últimos catorze anos (excetuando o mês de março). De acordo com o boletim climatológico anual do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2024) o ano de 2023, em Portugal Continental, classificou-se como extremamente quente e seco, com ocorrência de sete ondas de calor e seca severa e extrema entre abril e agosto abrangendo a região sul. Destacam-se os seguintes elementos, relativos à temperatura e precipitação:

- o ano 2023 foi o mais segundo mais quente desde 1931. Os valores de **temperatura** média do ar foram superiores em 1,04°C ao valor da normal 1981-2010. A média das temperaturas máxima e mínima esteve também acima do valor da normal (sendo o segundo ano com a média das temperaturas máximas mais elevada desde 1931, e o nono ano com a temperatura mínima mais elevada desde 1931). Registaram-se novos extremos absolutos de temperatura máxima e mínima no mês de agosto e mínima em janeiro. Os meses de abril, maio, agosto e outubro tiveram anomalias positivas superiores a 2°C;
- relativamente à **precipitação**, ao longo de 2023, apenas os meses de janeiro, outubro e novembro registaram valores superiores ao normal (1981-2010). Os meses de fevereiro e abril foram extremamente secos e dezembro caracterizou-se como muito seco. O mês de outubro caracterizou-se por ter uma anomalia positiva, chovendo neste mês cerca de duas vezes o valor médio.

Relativamente ao resumo da situação meteorológica no ano de 2023, indicam-se ainda os seguintes aspetos, para Portugal Continental, por estação do ano (IPMA, 2024):

- **Inverno (dezembro de 2022 a fevereiro de 2023): muito quente e chuvoso.** O inverno foi caracterizado por ser o 8º mais quente desde 1931, com um desvio de +1.07°C em relação à normal 1981-2010. Em relação à temperatura máxima, foi o 4º mais alto desde 1931, com anomalia de +1.34°C. Este inverno foi também caracterizado por um anómalo transporte de humidade proveniente de sul/sudoeste, responsável por percentagens de precipitação dentro do normal para época em Portugal Continental, sendo que, em algumas regiões esses valores foram superiores ao normal;
- **Primavera (março, abril, maio): a primavera de 2023 foi caracterizada por ser extremamente quente e seca.** Foi a 2ª primavera mais quente desde 1931, com uma anomalia de +1.88°C em relação ao valor médio 1981-2010. Foi a 3ª primavera mais seca desde 1931, o total de precipitação ocorrida, 99.9 mm, corresponde a apenas 49% do valor médio. Durante a primavera todos os meses registaram valores de precipitação inferiores ao normal;
- **Verão (junho, julho, agosto):** o verão em Portugal Continental classificou-se como **muito quente em relação à temperatura do ar e normal em relação à precipitação**. O período de verão foi marcado por um padrão de circulação anticiclónica nas regiões do sul da Europa, estendendo a sua influência desde o sudoeste da Península Ibérica, **originando um transporte anómalo de ar quente e seco proveniente do Norte de África**. Em relação aos valores de precipitação sobre o território nacional, estes estiveram próximos do normal para a época, devido à entrada de ar mais húmido, proveniente do Atlântico;
- **Outono (setembro, outubro, novembro): o outono de 2023 classificou-se como muito quente e muito chuvoso.** No período de setembro a novembro verificou-se a permanência de dois centros de anomalias de geopotencial (500hPa), um localizado numa extensa região do

Atlântico Norte, a noroeste da Península Ibérica (anomalias negativas) e o outro localizado no Norte de África e Mediterrâneo (anomalia positiva). Esta situação induziu uma intrusão de ar marítimo de origem subtropical sobre grande parte da Europa Ocidental e Central, permitindo a ocorrência de anomalias muito elevadas de temperatura na baixa troposfera, aos 850hPa. A intrusão destas massas de ar, com elevado conteúdo em vapor de água, permitiu elevados valores de precipitação acumulada durante o outono, principalmente nas regiões que sofreram uma maior influência do centro de anomalias negativas do geopotencial. As regiões do Norte e Centro da Península Ibérica, incluindo grande parte do território nacional, registaram maiores valores acumulados de precipitação em relação à média. O outono foi o 4º mais quente dos últimos 93 anos com uma anomalia da temperatura média do ar de +1.29° em relação ao valor normal 1981-2010. Em relação à precipitação foi o 9º mais chuvoso desde 1931 e o 4º desde 2000. O total da precipitação ocorrida nos meses de setembro a novembro, 410.3mm, corresponde a cerca de 152% do valor médio;

- **Inverno (dezembro 2023):** o mês de dezembro de 2023 classificou-se como **normal em relação à temperatura e muito seco em relação à precipitação**. O valor médio da temperatura média do ar foi +0.18 °C superior ao valor médio 1981-2010. Foi o 7º dezembro mais seco desde 2000. O valor médio da precipitação foi inferior ao normal (correspondendo a 44% do valor médio).

Os eventos meteorológicos mais relevantes ocorridos em Portugal Continental encontram-se representados na Tabela 4, de acordo com informação disponibilizada no boletim climatológico anual (IPMA, 2024), com indicação das datas em que se identificou a ocorrência de eventos naturais.

**Tabela 4. Eventos meteorológicos relevantes em Portugal Continental e ocorrência de eventos naturais em 2023**

Mês	Resumo da situação meteorológica, das áreas em seca e de eventos naturais (EN)
Janeiro	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quente e normal em relação à precipitação</b></li> <li>• Onda de frio entre os dias 22 e 31. Nos dias 26, 30 e 31 o valor médio da temperatura mínima em Portugal Continental foi inferior a 0 °C</li> <li>• Área continental em seca: 4.9% chuva extrema, 23.9% chuva severa, 28.3% chuva moderada, 15.9% chuva fraca, 8.7% normal e 18.3% seca fraca</li> <li>• <b>EN Continente:</b> 1, 4-7, 23-26, 30-31</li> </ul>
Fevereiro	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Normal em relação à temperatura e extremamente seco</b></li> <li>• Área continental em seca: 15.1% em chuva moderada, 28.7% chuva fraca, 28.3 normal, 15.1% seca fraca e 12.8% em seca moderada</li> <li>• <b>EN Continente:</b> 2-4, 11-22, 25-28</li> </ul>
Março	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quente e seco</b></li> <li>• Área continental em seca: 2.4% chuva moderada, 15.5% chuva fraca, 34.0% normal, 23.7% seca fraca, 14.2% em seca moderada e <b>10.2% em seca severa</b></li> <li>• <b>EN Continente:</b> 2-5, 16, 28-31</li> </ul>

Mês	Resumo da situação meteorológica, das áreas em seca e de eventos naturais (EN)
Abril	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Muito quente e extremamente seco</b></li> <li>• 4º mais quente dos últimos 93 anos. Na segunda quinzena os valores foram mais elevados em relação à normal (anomalias superiores a 6 °C), deveu-se à existência de uma região depressionária na região dos Açores que promoveu fluxos de sudoeste que, associados à extensão em crista de uma região anticiclónica situada na região da Madeira e Ilhas Canárias, permitiu que massas de ar quente com origem no Atlântico subtropical e no Norte de África migrassem em direção a Portugal Continental</li> <li>• 3 Ondas de calor: de dia 2 a dia 11, 15-21 e de dia 23 a 9 de maio, que afetaram as regiões do interior Norte e Centro, Vale do Tejo, Alentejo e sotavento Algarvio,</li> <li>• Área continental em seca: 10.8% normal, 22.0% seca fraca, 33.2% em seca moderada, <b>19.9% em seca severa e 14.1% em seca extrema</b></li> <li>• <b>EN Continente:</b> 3-11, 16-21, 26-28</li> </ul>
Maio	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Muito quente e muito seco</b></li> <li>• Condições adversas no fim do mês: dias 26-31: condições de instabilidade atmosférica nas regiões do Norte e Centro e em particular nas zonas interiores</li> <li>• Área continental em seca: 25.3% seca fraca, 39.4% em seca moderada, <b>26.3% em seca severa e 8.9% em seca extrema</b></li> <li>• <b>EN Continente:</b> 2-3, 22-30</li> </ul>
Junho	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Muito quente e muito chuvoso</b></li> <li>• 5º mais quente dos últimos 93 anos em Portugal Continental</li> <li>• Verificaram-se valores diários da temperatura do ar, em geral, acima do valor médio mensal, destacando-se o período muito quente de 23 a 28 de junho com 4 dias consecutivos (23 a 26) com desvios da temperatura máxima do ar superiores a 7 °C e de temperatura mínima do ar superiores a 5 °C</li> <li>• 1 Onda de calor: 22-28, abrangendo as regiões do interior Norte e Centro e a região Sul</li> <li>• Condições adversas de instabilidade atmosférica na primeira quinzena do mês: dias 7-9 e 12-13 (nas regiões do Norte e Centro e em particular nas zonas interiores)</li> <li>• Área continental em seca: 14.6% na classe normal, 42.3% em seca fraca, 17.5% em seca moderada, <b>21.8% em seca severa e 3.8% em seca extrema</b></li> <li>• <b>EN Continente:</b> 1-9, 15-17, 22-30</li> </ul>
Julho	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Normal em relação à temperatura e muito seco em relação à precipitação</b></li> <li>• Área continental em seca: 3.1% na classe normal, 38.0% em seca fraca, 24.5% em seca moderada, <b>19.1% em seca severa e 15.3% em seca extrema</b></li> <li>• <b>EN Continente:</b> 1-3, 8-14, 16-20</li> </ul>
Agosto	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Extremamente quente e seco</b></li> <li>• Durante quase todo o mês a anomalia positiva da temperatura do ar de +3 °C em grande parte de Portugal Continental: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dias 22-23: o 5º e 6º mais quentes dos últimos 15 anos em Portugal Continental, com valores médios da temperatura média de 29.35 °C e 28.76 °C</li> <li>- Dias 7 e 22: valores mais altos da temperatura máxima (em Santarém, Pinhão e Alvega) e da temperatura mínima (em Portalegre). No dia 22 foram ultrapassados os máximos de agosto da temperatura máxima em 20 estações meteorológicas do continente e os máximos da temperatura mínima em 12 estações meteorológicas do continente</li> </ul> </li> <li>• 2 Ondas de calor: de 5-11 em alguns locais do interior e Vale do Tejo, 18-25 nas regiões do Vale do Tejo, interior Centro e região Sul</li> <li>• Área continental em seca: 3.0% na classe normal, 11.9% em seca fraca, 38.8% em seca moderada, <b>19.2% em seca severa e 27.1% em seca extrema</b></li> <li>• <b>EN Continente:</b> 5-12, 18-26, 28-29, 31</li> </ul>

Mês	Resumo da situação meteorológica, das áreas em seca e de eventos naturais (EN)
Setembro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tempo quente e chuvoso</b></li> <li>• O valor médio da temperatura média do ar foi ligeiramente (0.12 °C) superior ao valor normal</li> <li>• Setembro foi o 3º mais chuvoso desde 2000. O total de precipitação correspondeu a 164% do valor normal. Ocorrência de precipitação significativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dias 2 e 4: registaram-se aguaceiros localmente de granizo e acompanhados de trovoadas e rajadas convectivas fortes</li> <li>- Dias 15-17 e 21: ocorreram períodos de chuva ou aguaceiros, localmente fortes e acompanhados de trovoadas, com maior incidência nas regiões Norte e Centro</li> </ul> </li> <li>• No final do mês de setembro e início de outubro verificou-se a persistência de um regime anticiclónico sobre toda a Europa do Sul que levou a anomalias de +7 °C na temperatura do ar à superfície</li> <li>• 1 Onda de Calor: de 24 setembro a 13 de outubro, que abrangeu quase todo o território nacional</li> <li>• Outras ocorrências: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dia 1: valor mais alto da temperatura máxima em Alvega, 37.7 °C</li> <li>- Dia 6: valor mais alto da temperatura mínima em Portalegre, 25.7 °C</li> <li>- Novos valores extremos da temperatura máxima em 26% das estações meteorológicas e da temperatura mínima em 18% das estações</li> </ul> </li> <li>• Área continental em seca: 0.3% na classe chuva fraca, 44.8% na classe normal, 11.3% em seca fraca, 26.6% em seca moderada e 17.0% em seca severa</li> <li>• EN Continente: 1, 4-10, 13-15, 25-30</li> </ul>
Outubro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quente e muito chuvoso</b></li> <li>• O valor médio, da temperatura média do ar, mínima e máxima foram superiores ao valor normal (com uma anomalia de +2,42°C, +2,29°C e +2,55°C respetivamente)</li> <li>• Outubro foi o 4º mais chuvoso desde 1931, o total de precipitação foi cerca de duas vezes o valor médio 1981-2000. Os totais mensais registados foram dos mais altos para outubro em várias estações meteorológicas do território</li> <li>• Área continental em seca: 1.5% na classe chuva severa, 45.9% na classe de chuva moderada, 9.0% na classe de chuva fraca, 30.8 % na classe normal e 12.8% na classe de seca fraca</li> <li>• <b>EN Continente:</b> 1-15</li> </ul>
Novembro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tempo quente e normal em relação à precipitação</b></li> <li>• Foi o 9º mais quente desde 1931 e o 2º mais quente desde 2000, com uma anomalia de +1.33 °C</li> <li>• Área continental em seca: 16.2% na classe chuva severa, 31.3% na classe de chuva moderada, 7.2% na classe de chuva fraca, 25.9% na classe normal e 19.4% na classe de seca fraca</li> <li>• <b>EN Continente:</b> 12-16, 19-21, 24-28</li> </ul>
Dezembro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Normal em relação à temperatura e muito seco em relação à precipitação</b></li> <li>• Dezembro foi o 7º mais seco desde 2000. O valor médio de precipitação foi inferior ao normal e correspondeu a 44% do valor médio</li> <li>• Área continental em seca: 21.4% em seca fraca e 16.2% em seca moderada</li> <li>• <b>EN Continente:</b> 6, 11-12, 18-20, 24-31</li> </ul>

Relativamente ao **Arquipélago da Madeira**, o boletim climatológico (IPMA, 2024) destaca a situação excecional de 2023 ter sido o ano mais quente, de sempre, no Funchal. A temperatura média anual foi 21.6 °C, +2.03 °C em relação ao valor normal 1981-2010. De referir que durante o ano 2023, sete meses registaram um novo recorde da temperatura média do ar (janeiro, abril, maio, setembro, outubro, novembro, dezembro). Foi também registado em 2023 o maior valor diário da temperatura máxima do ar no Arquipélago da Madeira, 39.1 °C no dia 28 de junho na estação meteorológica de Quinta Grande. Nesta região, destacou-se ainda o registo de 129 noites tropicais, na estação meteorológica do Funchal, em que 100 foram consecutivas, e que corresponde ao maior número de noites com temperatura mínima igual ou superior a 20 °C desde 1961.

Em outubro destacou-se a ocorrência de uma onda de calor, no Arquipélago da Madeira, entre os dias 5 e 13 de outubro. O boletim de clima destaca a presença de uma massa de ar tropical quente e seca, com origem no deserto do Sahara, transportada na circulação conjunta de um anticiclone localizado na Europa Ocidental e de um vale depressionário que se estendia desde o norte de África até à Península Ibérica. A reforçar a subida da temperatura do ar, neste episódio, esteve ainda a subsidência associada aos anticiclones e a fenómenos locais. Este episódio teve como consequência o registo de temperaturas do ar muito elevadas, assim como, a ocorrência de uma onda de calor:

- novo recorde climático na Madeira, com a temperatura máxima do ar a chegar aos 34.7 °C, no dia 5, no Funchal/ Observatório Meteorológico;
- onda de calor no Funchal com duração de 9 dias, entre 5 e 13 de outubro;
- esta onda de calor no Funchal é um evento de carácter excecional, uma vez que em 60 anos é apenas a 2ª onda de calor neste local (anterior onda em agosto de 1976).

A ocorrência de **incêndios florestais** pode contribuir para um acréscimo adicional das concentrações de PM<sub>10</sub>, podendo conduzir a uma sobrestimativa da fração de origem natural. Esta componente teve um peso significativo no ano de 2017, mas uma situação de tal magnitude não voltou a ter impactes na avaliação dos anos seguintes.

A base de dados nacional de incêndios rurais (ICNF, 2023) registou um total de 34 420 hectares de área ardida, entre janeiro e outubro de 2023. Comparando os valores do ano de 2023 com o histórico dos dez anos anteriores, assinala-se que se registaram menos 43% de incêndios rurais e menos 72% de área ardida relativamente à média anual do período. O ano de 2023 apresentou, até o dia 15 de outubro, o segundo valor mais reduzido em número de incêndios e o terceiro valor mais reduzido de área ardida, desde 2013. Em 2023, os incêndios com maior área ardida ocorreram em agosto, nos concelhos de Odemira (distrito de Beja, com 7 513 ha), Castelo Branco (com 6 553 ha), Mogadouro (distrito de Bragança, com 1 267 ha) e Nelas (distrito de Viseu, com 1 051 ha).

Na Tabela 5 apresentam-se as datas de ocorrência dos 20 maiores incêndios rurais identificados pelo ICNF (ICNF, 2023), ocorridos entre janeiro e outubro, e a nota da sua influência nas concentrações de PM<sub>10</sub> (principalmente nos períodos de ocorrência em simultâneo de incêndios e eventos naturais de transporte de poeiras com origem nos desertos do Norte de África).

A análise da Tabela 5 revela que, no mês de agosto, pode ter ocorrido a influência mais expressiva de incêndios rurais nas concentrações de partículas em suspensão, em dois períodos distintos (entre os dias 4-9 e 23-24), nas regiões Centro, Lisboa e Vale do Tejo e Algarve (no primeiro período) e Norte e Centro (no segundo período), em simultâneo com a ocorrência de evento natural, podendo estas ocorrências de incêndio ter interferido na análise quantitativa da contribuição das fontes naturais de poeiras dos desertos. As estações de monitorização onde essa interferência pode ter ocorrido incêndios foram as seguintes:

- dia 5/ago (incêndio de Leiria): região Centro Litoral, estações rurais de fundo de Montemor-o-Velho e Ervedeira;

- dias 5-6/ago (incêndios de Castelo Branco e Ourém): região LVT, estação rural de fundo da Chamusca;
- dias 5-6/ago (incêndio de Odemira): região do Algarve, estações de monitorização urbana de tráfego David Neto (Portimão) e urbana de fundo de Malpique (Albufeira);
- dias 24-25/ago (incêndio de Mogadouro): região Norte Interior, estação rural de fundo de Santa Combinha;
- dia 25/ago (incêndio de Nelas): região Centro estação rural de fundo de Fornelo do Monte.

**Tabela 5. Incêndios rurais com maior área ardida (ha) em 2023 e ocorrência de eventos naturais (EN)**

Mês/ Dia de Início	Ocorrência de Incêndio Rural (região e área ardida)	Período de ocorrência de Evento Natural (EN) e influência dos incêndios rurais nas concentrações de PM <sub>10</sub>
Fev	06 REGIÃO NORTE LITORAL: Terras de Bouro, 198 ha	• Sem ocorrência de EN
	17 REGIÃO NORTE LITORAL: Amares, 227 ha	• EN região Norte: 13-22 • <u>Influência do incêndio nas PM<sub>10</sub></u> : não evidente
	18 REGIÃO NORTE LITORAL: Cabeceiras de Basto, 216 ha	
	19 REGIÃO NORTE INTERIOR: Vila Real, 207 ha	
Mai 12	REGIÃO ALGARVE: Castro Marim, 329 ha	• Sem ocorrência de EN
Jul	12 REGIÃO LVT: Cadaval, 374 ha	• EN na região de LVT: 8-11 e 13-14 • <u>Influência do incêndio nas PM<sub>10</sub></u> : não evidente. O incêndio ocorrido no Cercal (Cadaval) não parece ter influenciado as concentrações de PM <sub>10</sub> . No entanto, um incêndio de menores dimensões, ocorrido na região de Setúbal, parece ter contribuído para um ligeiro aumento nas concentrações registadas nas estações localizadas neste concelho, nomeadamente as de Arcos, Camarinha e Quebedo, no dia 13 de julho
	25 REGIÃO LVT: Cascais, 205 ha	• Sem ocorrência de EN
Ago	04 <b>REGIÃO CENTRO INTERIOR: Castelo Branco/ Proença-a-Nova, 6 553 ha</b>	• EN regiões Centro, LVT, Alentejo e Algarve: 5-12 • <u>Influência do incêndio de Castelo Branco/ Proença-a-Nova nas PM<sub>10</sub></u> : possível contribuição para o aumento das concentrações de PM <sub>10</sub> na estação de monitorização da Chamusca (localizada na região de LVT), nos dias 5 e 6 de agosto, devido a incêndio (informação adicional disponível na Caixa 4). No dia 6 a contribuição de incêndios, na Chamusca, pode também dever-se ao ocorrido em Ourém • <u>Influência do incêndio de São Teotónio (Odemira) nas PM<sub>10</sub></u> : possível contribuição para o aumento das concentrações de PM <sub>10</sub> registadas nas estações de monitorização do Algarve, em particular nas localizadas em Portimão (David Neto) e Albufeira (Malpique), nos dias 5 e 6 de agosto (consultar Caixa 4) • <u>Influência dos incêndios de Leiria nas PM<sub>10</sub></u> : possível influência ligeira num aumento de concentrações, a 5 de agosto, nas estações rurais de fundo da região Centro de Montemor-o-Velho e Ervedeira
	05 REGIÃO CENTRO LITORAL: Leiria, 431 ha <b>REGIÃO ALENTEJO: Odemira, 7 513 ha</b>	
	06 REGIÃO LVT: Ourém, 262 ha	
	07 REGIÃO CENTRO LITORAL: Leiria, 313 ha	
10	REGIÃO NORTE INTERIOR: Vimioso, 485 ha	• EN região Norte: 8-11 • <u>Influência do incêndio nas PM<sub>10</sub></u> : não evidente

Mês/ Dia de Início		Ocorrência de Incêndio Rural (região e área ardida)	Período de ocorrência de Evento Natural (EN) e influência dos incêndios rurais nas concentrações de PM <sub>10</sub>
	21	REGIÃO NORTE LITORAL: Baião, 252 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN região Norte: 21-25; EN região Centro e LVT: 21-26</li> <li>• <u>Influência dos incêndios de Baião nas PM<sub>10</sub></u>: influência não evidente nas concentrações registadas na região Norte</li> <li>• <u>Influência do incêndio de Nelas nas PM<sub>10</sub></u>: possível contribuição para o aumento de concentrações na estação rural de fundo de Fornelo do Monte (região Centro) no dia 25 de agosto (consultar Caixa 4)</li> <li>• <u>Influência dos incêndios de Ourém nas PM<sub>10</sub></u>: influência não evidente. As concentrações de PM<sub>10</sub> nas regiões Centro e de Lisboa e Vale do Tejo atingem neste dia, e no seguinte, um pico, devido essencialmente à influência de evento natural (também suportado pelas concentrações da fração <i>DUST</i> (poeiras de origem natural) dada pelo serviço CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service)), não parecendo haver uma contribuição a destacar decorrente de incêndios rurais</li> <li>• <u>Influência do incêndio de Mogadouro nas PM<sub>10</sub></u>: possível contribuição para o aumento de concentrações na região Norte Interior, abrangida pela estação de monitorização de Santa Combinha, nos dias 24 e 25 de agosto (consultar Caixa 4)</li> <li>• <u>Influência dos incêndios de Penamacor nas PM<sub>10</sub></u>: influência não evidente. As concentrações de PM<sub>10</sub> na estação rural de fundo do Fundão (na zona Centro Interior) atingem neste dia um pico, mas este será essencialmente devido à influência de evento natural (também suportado pelas concentrações da fração <i>DUST</i> (poeiras de origem natural) dada pelo serviço CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service)), não parecendo haver uma contribuição a destacar decorrente de incêndios rurais</li> </ul>
	23	<b>REGIÃO CENTRO INTERIOR: Nelas, 1 051 ha</b> REGIÃO LVT: Ourém, 313 ha	
	24	<b>REGIÃO NORTE INTERIOR: Mogadouro, 1 267 ha</b>	
	25	REGIÃO CENTRO INTERIOR: Penamacor, 354 ha	
Out	12	REGIÃO NORTE LITORAL: Monção, 338 ha e Melgaço, 211 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN região Norte: 30/09 a 13/10</li> <li>• <u>Influência do incêndio nas PM<sub>10</sub></u>: não evidente</li> </ul>
<p>Nota: a <b>negrito</b> encontram-se destacados os incêndios com maior área ardida  Fonte: elementos relativos aos incêndios rurais: ICNF, 2023</p>			

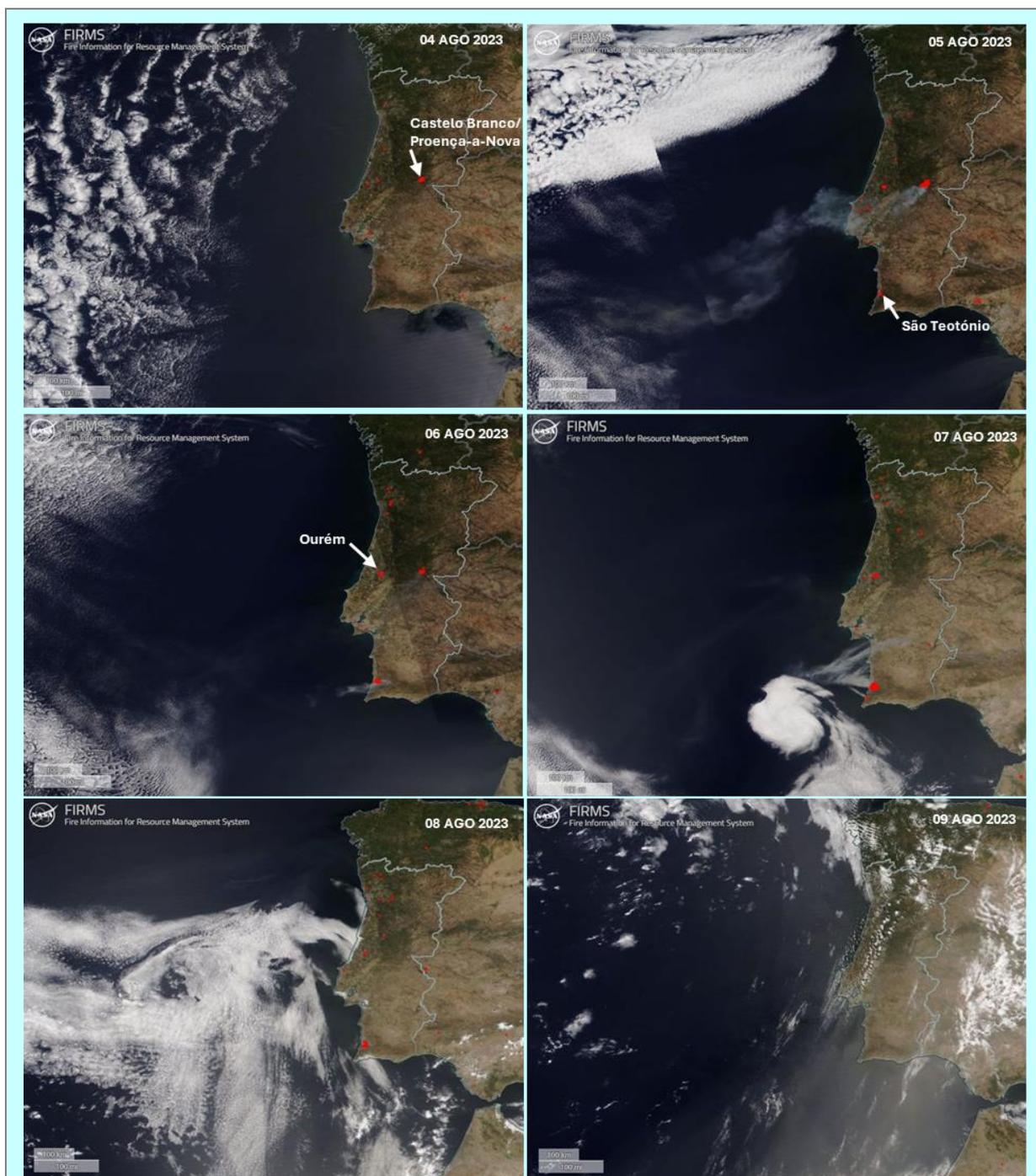
#### ► Caixa 4. Incêndios de agosto de 2023

Em 2023, os incêndios com maiores áreas ardidas corresponderam aos ocorridos em dois períodos de agosto (em dias quentes e secos, coincidentes com a ocorrência de duas ondas de calor):

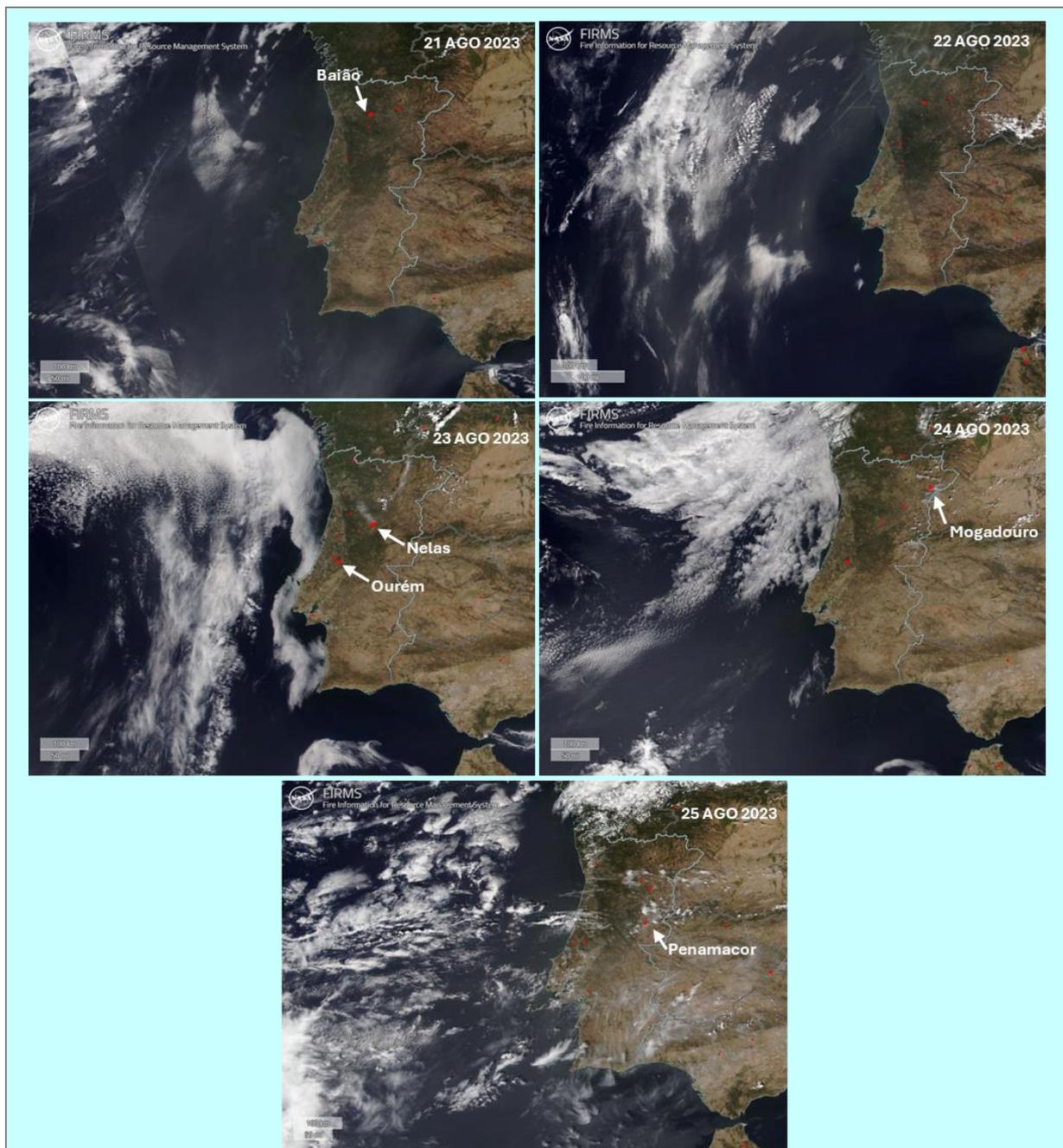
- ▶ no início do mês, no período de 4 a 9 de agosto, altura em que ocorreram dois grandes incêndios, em simultâneo: na região Centro Interior em Castelo Branco/ Proença-a-Nova (4-6/ago, 6 553 ha) e na região Alentejo Litoral em São Teotónio (Odemira) (5-9/ago, 7 513 ha);
- ▶ no final do mês, no período de 23 a 24 de agosto, altura em que ocorreram outros dois incêndios a destacar: na região Centro Interior em Nelas (23-24/ago, 1 051 ha) e na região Norte Interior em Mogadouro (24/ago, 1 267 ha).

Para cada um destes quatro incêndios, destaca-se a influência nas concentrações de PM<sub>10</sub>, e a possível interferência na determinação quantitativa da contribuição dos eventos naturais, de transporte de poeiras com origem no Norte de África, que ocorreram em simultâneo:

- Influência do incêndio de Castelo Branco/ Proença-a-Nova nas concentrações de PM<sub>10</sub> (de 4 a 6 de agosto): este poderá ter tido influência nos níveis de PM<sub>10</sub>, medidos na estação de monitorização da qualidade do ar da Chamusca (localizada na região de Lisboa e Vale do Tejo (LVT)), de tipologia Rural de Fundo, nos dias 5 e 6 de agosto, dias em que se registou um ligeiro aumento, anterior à subida generalizada das concentrações nesta região, devido ao evento natural que lhe sucedeu. A Figura 16 agrega as imagens de satélite (NASA FIRMS) com indicação dos incêndios ativos, onde se pode observar a pluma de fumo com uma dispersão no sentido Sudoeste, atravessando a área de abrangência da estação de monitorização da Chamusca. A simulação efetuada através do modelo Hysplit (Figura 18) também indica a deslocação da área de dispersão de partículas com uma orientação semelhante. Por fim, na Figura 25 pode observar-se a evolução das concentrações médias diárias de PM<sub>10</sub>, destacando-se o aumento ocorrido no dia 5 nesta estação (LVT\_CHA (RF));
- Influência do incêndio de São Teotónio (Odemira) nas concentrações de PM<sub>10</sub> (de 5 a 9 de agosto): este poderá ter tido influência nos níveis de PM<sub>10</sub> registados nas estações de monitorização do Algarve, em particular nas localizadas em Portimão (David Neto-DVN) e Albufeira (Malpique-MAL), nos dias 5 e 6 de agosto. A Figura 16 mostra fumo do incêndio visível nos dias 6 e 7 de agosto. A Figura 18, representando a área de dispersão da pluma de partículas, indica uma possível zona de influência que atinge a região do Algarve. Na Figura 25 é possível observar o aumento de concentrações de PM<sub>10</sub> na estação de David Neto, em Portimão, ultrapassando o valor limite diário deste poluente, que ocorre neste dia de forma isolada face às restantes estações de monitorização;
- Influência do incêndio de Nelas nas concentrações de PM<sub>10</sub> (de 23 a 24 de agosto): a orientação da pluma do incêndio de Nelas, ocorrido entre os dias 23 e 24 de agosto, foi no sentido Noroeste, podendo ter influenciado as concentrações na estação rural de fundo de Fornelo do Monte (região Centro), nos dias 23 e 24 de agosto (Figura 16 e Figura 25). A estação do Fundão (igualmente do tipo rural de fundo) também sofreu um aumento, nos dias 24 e 25, mas deverá ter sido maioritariamente devido à influência do evento natural de poeiras em suspensão, que foi mais intenso ao longo da faixa interior de Portugal Continental;
- Influência do incêndio de Mogadouro nas concentrações de PM<sub>10</sub> (em 24 de agosto): o incêndio ocorrido durante o dia 24 de agosto (Figura 16) poderá ter influenciado as concentrações na região Norte Interior, nas proximidades da estação de monitorização de Santa Combinha. No entanto, para este dia, não existem dados disponíveis nesta estação, que no dia seguinte, 25 de agosto, apresenta uma concentração significativamente mais elevada (38,4 µg/m<sup>3</sup>) para a sua tipologia rural de fundo, tal como se pode observar na Figura 25.

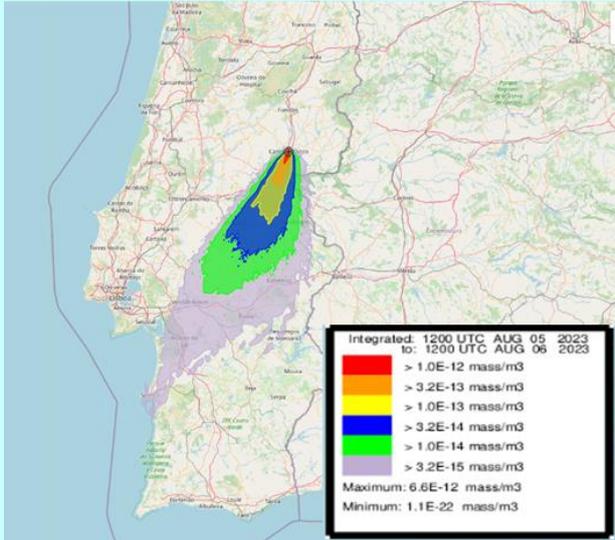


**Figura 16. Imagens de satélite (NASA FIRMS) para os dias 4 a 9 de agosto com representação dos incêndios ativos, plumas de fumo com origem nos grandes incêndios de Castelo Branco e São Teotónio (Odemira) e influência das poeiras com origem nos desertos do Norte de África**



**Figura 17. Imagens de satélite (NASA FIRMS) para os dias 21 a 25 de agosto com representação dos incêndios ativos (destacando-se os identificados pelo ICNF integrando os 20 maiores incêndios de 2023: Baião, Nelas, Ourém, Mogadouro e Penamacor) e pluma de fumo visível para o incêndio de Nelas**

05-06 AGO 2023 – Castelo Branco



05-06 AGO 2023 – Odemira



Figura 18. Mapa de simulação da dispersão de partículas (Modelo Hysplit) com origem no incêndio de Castelo Branco e São Teotónio (Odemira) a 5 de agosto (simulação de 24 horas, até 6 de agosto)

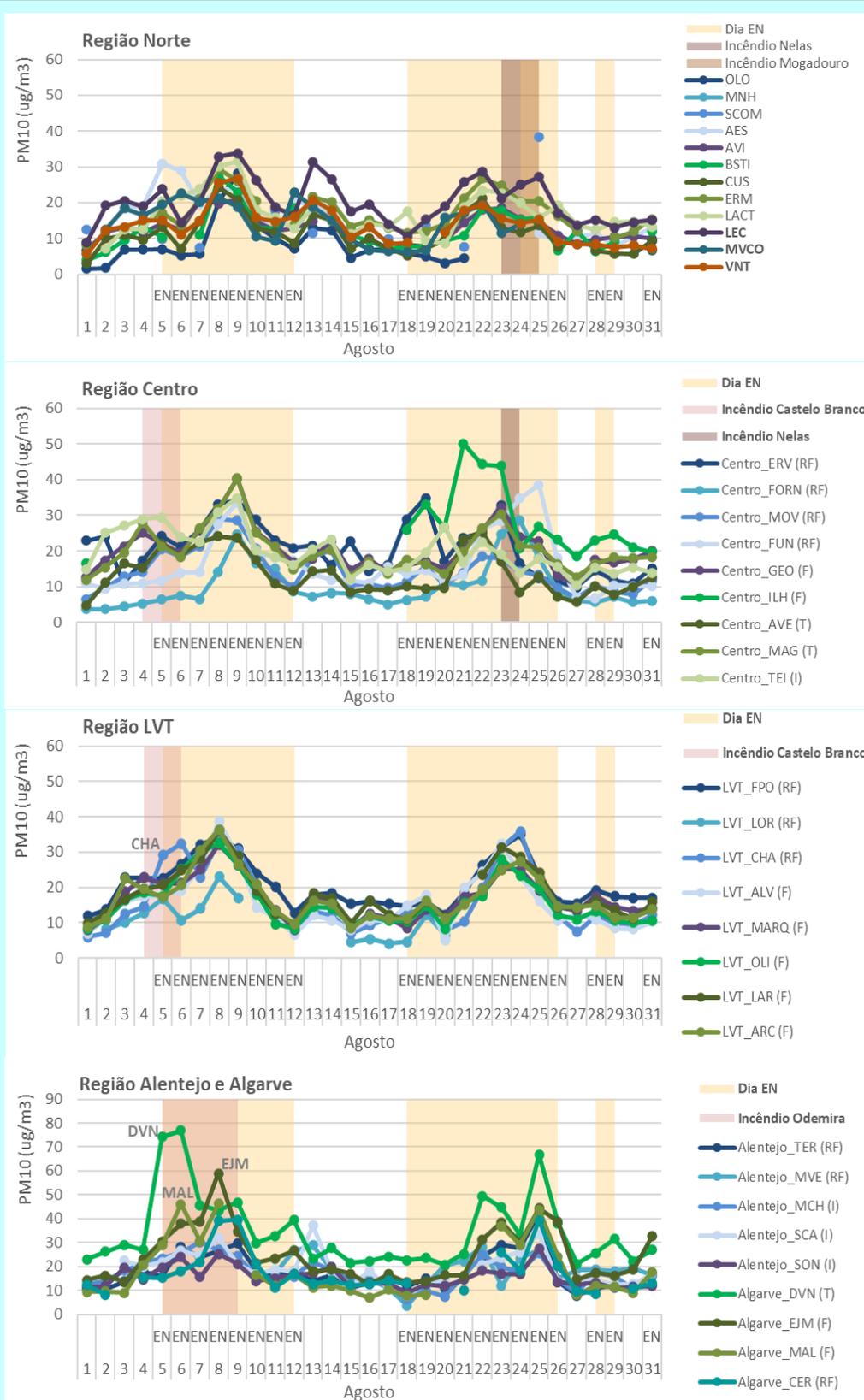


Figura 19. Concentrações de PM<sub>10</sub> medidas nas regiões Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo (LVT), Alentejo e Algarve (indicação do dia de ocorrência de evento natural, ocorrência de incêndio florestal, abreviatura da estação de monitorização e tipologia de estação)

## 5 Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM<sub>10</sub> em 2023

### 5.1 Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2023

Na abordagem metodológica adotada para a avaliação de eventos naturais, os dados das estações rurais de fundo são essenciais para determinar os descontos, da fração de origem natural, a aplicar a todas as estações, sendo desejável obter a série de dados anual o mais completa possível. A Tabela 6 apresenta a eficiência anual das medições de PM<sub>10</sub> nas estações das zonas e aglomerações, no ano de 2023. As eficiências abaixo de 85% encontram-se destacadas na Tabela 6, de modo a ter uma perceção das estações que possam apresentar uma cobertura anual de dados mais incompleta. No entanto, para verificação da conformidade legal, esta eficiência mínima de 85% é apenas exigida às estações de medição 'fixa'. As estações de medição 'indicativa' devem apresentar uma eficiência anual de, pelo menos, 14%.

Do total de 63 estações de monitorização operacionais em 2023, com medições de PM<sub>10</sub> em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, em 37 obtiveram-se eficiências iguais ou superiores a 85%, o que representa 59% de estações com medições com uma significativa cobertura anual.

Em termos da análise da influência de eventos naturais nas concentrações de PM<sub>10</sub>, esta estará mais condicionada pelas falhas de medições na região Norte, nomeadamente na estação rural de fundo de Douro Norte (com eficiência de 49%, sendo as falhas de dados prevalentes nos primeiros seis meses do ano) e na região do Algarve, nomeadamente na estação rural de fundo de Cerro (com eficiência de 52%, sendo as falhas de dados prevalentes nos primeiros três meses do ano). Dado a reduzida quantidade de dados disponível na estação de Minho-Lima, esta não será integrada na avaliação de eventos naturais de 2023, pelo que não estará representada na análise a efetuar ao longo do presente documento.

**Tabela 6. Eficiência anual das medições de partículas PM<sub>10</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2023 (%)**

Região	Tipo e Nome da Zona		Tipo de estação/ Nome da estação/ Abreviatura da estação		Eficiência anual (%)		
Norte	A	Entre Douro e Minho	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém (FIX)	GMR	77%	
				Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor (FIX)	CRCL	52%	
			F	Burgães-Santo Tirso (FIX)	BSTI	73%	
				Paços de Ferreira (FIX)	LACT	52%	
		Porto Litoral	T	D.Manuel II-Vermoim (FIX)	VER	81%	
				Francisco Sá Carneiro-Campanha (FIX)	ANT	70%	
				João Gomes Laranjo-S.Hora (FIX)	HOR	87%	
			I	Meco-Perafita (FIX)	PER	73%	
				Seara-Matosinhos (IND)	SEA	91%	
			F	Anta-Espinho (FIX)	AES	77%	
				Avintes (IND)	AVI	94%	
				Custóias-Matosinhos (IND)	CUS	84%	
				Ermesinde-Valongo (IND)	ERM	87%	
				Leça do Balio-Matosinhos (IND)	LEC	50%	
	Mindelo-Vila do Conde (IND)	MVCO	82%				
	Sobreiras-Lordelo do Ouro (FIX)	SOB	34%				
VNTelha-Maia (IND)	VNT	70%					
Z	Norte Litoral	RF	Minho-Lima (IND)	MNH	1%		
	Norte Interior	RF	Douro Norte (IND) R	OLO	49%		
			Santa Combinha (IND)	SCOM	36%		
Centro	A	Aveiro/ Ílhavo	T	Aveiro (FIX)	AVE	99%	
			F	Ílhavo (FIX)	ILH	94%	
		Coimbra (a)	T	Coimbra/ Avenida Fernão Magalhães (FIX)	MAG	97%	
			F	Instituto Geofísico de Coimbra (FIX)	GEO	98%	
	Z	Centro Litoral	RF	Ervedeira (IND)	ERV	98%	
				Montemor-o-Velho (IND) R	MOV	98%	
		Centro Interior	RF	Fornelo do Monte (IND)	FORN	98%	
				Fundão (IND) R	FUN	98%	
	Litoral Noroeste do Baixo Vouga	I	Estarreja/Teixugueira (FIX)	TEI	100%		
	Lisboa e Vale do Tejo	A	AML Norte	T	Avenida da Liberdade (FIX)	AVL	97%
Cascais - Escola da Cidadela (IND)					CASE	84%	
Entrecampos (FIX)					ENT	98%	
Odivelas-Ramada (IND)					ODI	97%	
Santa Cruz de Benfica (IND)					SCB	95%	
F				Alfragide/Amadora (IND)	ALF	65%	
				Alverca (IND)	ALV	88%	
				Loures-Centro (IND)	LOU	87%	
				Mem Martins (FIX)	MEM	98%	
				Olivais (FIX)	OLI	98%	
AML Sul			I	Escavadeira (FIX)	ESCII	98%	
				Lavradio (IND)	LAV	99%	
				Paio Pires (FIX)	PP	99%	
			F	Laranjeiro (FIX)	LAR	99%	
				Quebedo (FIX)	QUE	95%	
			Setúbal	F	Arcos (FIX)	ARC	99%
					Camarinha (IND)	CAM	90%
					Chamusca (FIX) R	CHA	95%
					Fernando Pó (FIX)	FPO	98%
					Lourinhã (IND)	LOR	79%
Z	Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	RF	Monte Chãos (IND)	MCH	52%		
			Santiago do Cacém (IND)	SCA	45%		
			Sonega (IND)	SON	44%		
Alentejo	Z	Alentejo Litoral	I	Monte Chãos (IND)	MCH	52%	
				Santiago do Cacém (IND)	SCA	45%	
				Sonega (IND)	SON	44%	

Região	Tipo e Nome da Zona		Tipo de estação/ Nome da estação/ Abreviatura da estação			Eficiência anual (%)
			RF	Monte Velho (IND)	MVE	51%
		Alentejo Interior	RF	Terena (IND) R	TER	82%
Algarve	A	Aglomeração Sul	T	David Neto (FIX)	DVN	100%
			F	Joaquim Magalhães (FIX)	EJM	82%
			F	Malpique (FIX)	MAL	97%
	Z	Algarve	RF	Cerro (IND) R	CER	52%
Madeira	A	Funchal	T	São João (FIX)	SJO	89%
			F	São Gonçalo (FIX)	SGO	98%
	Z	Madeira/ Porto Santo	RF	Santana (FIX) R	SAN	100%

**Legenda:** Tipo de Zonamento - A: Aglomeração, Z: Zona; Tipo de Estação - T: Tráfego, I: Industrial, F: Fundo, RF: Rural de Fundo; Tipo de Medição - FIX: estação de medição fixa, IND: estação de medição indicativa; R: Estação rural de fundo representativa da região ou zona

 Eficiência anual inferior a 85% em medições fixas, ou inferior a 14% em medições indicativas

 Eficiência anual inferior a 85% em medições indicativas

## 5.2 Influência dos eventos naturais nas concentrações de PM<sub>10</sub> em 2023

A contribuição do acréscimo de partículas de origem natural, nas concentrações de PM<sub>10</sub>, foi determinada para o ano de 2023, com base na metodologia Ibérica de quantificação de eventos naturais com origem nos desertos do Norte de África. Os resultados da aplicação da metodologia de desconto da fração natural de PM<sub>10</sub> apresentam-se na Tabela 7, na Figura 20 e Figura 21.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, o valor limite diário (VLD) de PM<sub>10</sub> é de 50 µg/m<sup>3</sup> e o número de excedências permitido, por ano, é de 35 (tal como descrito no ponto 2.2. *Enquadramento legislativo*). A avaliação do cumprimento destes requisitos pode ser efetuada através do indicador 36º máximo diário (que não deverá ultrapassar a concentração de 50 µg/m<sup>3</sup>), ou através do indicador número de excedências (que não deverá ultrapassar as 35). O valor limite anual (VLA) de PM<sub>10</sub> é de 40 µg/m<sup>3</sup> e o seu cumprimento pode ser avaliado através do indicador média anual.

Na Tabela 7 encontram-se os resultados da aplicação da metodologia de dedução da contribuição de partículas com origem natural, por estação de monitorização da qualidade do ar, representando-se os indicadores relevantes, para o poluente PM<sub>10</sub>, antes e após a aplicação da referida metodologia. A verificação da conformidade legal, no que respeita ao cumprimento dos valores limite anual e diário, encontra-se representada na Figura 20 e Figura 21, respetivamente, para estações com eficiência igual ou superior a 14%.

Verifica-se que, no ano de 2023, as concentrações de PM<sub>10</sub> foram semelhantes às do ano anterior e superiores às dos anos de 2020 e 2021 (durante os quais vigoraram medidas de contenção da pandemia por COVID-19, nomeadamente com vigência de períodos de confinamento, que resultaram numa redução do tráfego rodoviário, sendo este um sector com peso não negligenciável nas emissões deste poluente).

Relativamente à verificação da conformidade legal face aos valores limite (VL) legais (VL Anual e VL Diário) de PM<sub>10</sub>, verifica-se que:

- ▶ **VL Anual:** em 2023 o VL Anual não foi ultrapassado (Figura 20);
- ▶ **VL Diário:** o VL Diário foi ultrapassado em estações de monitorização de qualidade do ar, mas em número inferior às 35 ultrapassagens diárias permitidas por ano, sendo que grande parte destas se deveu à contribuição de partículas com origem nos desertos do Norte de África (Figura 21). Em Portugal Continental 72% das excedências ao valor limite diário deveram-se à contribuição de fontes naturais. Relativamente à região da Madeira essa percentagem aumenta para os 78%.

**Tabela 7. Aplicação da metodologia de dedução da contribuição de eventos naturais para as concentrações de PM<sub>10</sub> em 2023 (resultados antes e após aplicação da metodologia de desconto, expressos nos indicadores: concentração média anual, número de ultrapassagens ao valor limite diário de PM<sub>10</sub> e 36º máximo diário)**

Zona	Tipo de estação/ Nome da estação (tipo de medição)/ Abreviatura da estação	Eficiência Anual (%)	Base Anual (Média Anual)				Base Diária (Dias>VLD)					
			Concentração (µg/m³)		Contribuição de origem natural		Excedências VLD (Nº)		36º Máximo Diário			
			Antes	Após	Após (µg/m³)	Após (%)	Antes	Após	Antes	Após		
<b>Região Norte</b>												
A	Entre Douro e Minho	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém (FIX)   GMR	77%	20	17	3	17	13	7	33	25
			Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor (FIX)   CRCL	52%	32	29	3	9	15	4	42	39
		F	Burgães-Santo Tirso (FIX)   BSTI	73%	21	16	4	20	14	3	40	28
			Paços de Ferreira (FIX)   LACT	52%	21	16	5	23	15	3	30	22
	Porto Litoral	T	D.Manuel II-Vermoim (FIX)   VER	81%	17	13	4	23	10	3	31	24
			Francisco Sá Carneiro-Campanha (FIX)   ANT	70%	29	25	4	13	15	6	42	35
			João Gomes Laranjo-S.Hora (FIX)   HOR	87%	19	16	3	14	4	1	30	25
		I	Meco-Perafita (FIX)   PER	73%	23	21	2	10	4	2	34	31
			Seara-Matosinhos (IND)   SEA	91%	21	18	3	14	6	1	33	29
		F	Anta-Espinho (FIX)   AES	77%	21	17	3	16	5	0	34	28
			Avintes (IND)   AVI	94%	18	15	3	17	4	0	32	23
			Custóias-Matosinhos (IND)   CUS	84%	18	15	4	20	10	1	33	24
			Ermesinde-Valongo (IND)   ERM	87%	23	19	4	17	14	2	38	28
			Leça do Balio-Matosinhos (IND)   LEC	50%	27	24	3	11	16	8	36	31
			Mindelo-Vila do Conde (IND)   MVCO	82%	21	17	4	19	8	1	35	28
			Sobreiras-Lordelo do Ouro (FIX)   SOB	34%	24	20	4	15	2	0	28	23
VNTELha-Maia (IND)   VNT	70%	21	17	4	18	5	0	33	27			
Z	Norte Litoral	RF	Minho-Lima (IND)   MNH	1%	13	10	3	22	0	0	0	0
	Norte Interior	RF	Douro Norte (IND)   OLO	49%	8	5	2	30	0	0	11	7
			Santa Combinha (IND)   SCOM	36%	10	9	2	18	0	0	11	10
<b>Região Centro</b>												
A	Aveiro/Ílhavo	T	Aveiro (FIX)   AVE	99%	17	14	3	18	2	0	29	23
		F	Ílhavo (FIX)   ILH	94%	25	22	3	12	8	3	38	32
	Coimbra	T	Coimbra/ Avenida Fernão Magalhães (FIX)   MAG	97%	20	17	3	16	0	0	29	23
		F	Instituto Geofísico de Coimbra (FIX)   GEO	98%	19	16	3	16	1	0	29	22
Z	Centro Litoral	RF	Ervedeira (IND)   ERV	98%	18	15	3	17	1	0	29	23
			Montemor-o-Velho (IND)   MOV	98%	15	12	3	19	0	0	23	18
	Centro Interior	RF	Fornelo do Monte (IND)   FORN	98%	7	4	2	35	0	0	14	8
			Fundão (IND)   FUN	98%	11	8	3	27	0	0	18	12
	Lit. Nor. B. Vouga	I	Estarreja/ Teixugueira (FIX)   TEI	100%	22	19	3	14	4	1	37	29
<b>Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>												
A	AML Norte	T	Avenida da Liberdade (FIX)   AVL	97%	22	19	3	14	0	0	33	27
			Cascais - Escola da Cidadela (IND)   CASE	84%	18	15	3	18	2	2	26	22
			Entrecampos (FIX)   ENT	98%	19	16	3	15	0	0	30	24
			Odivelas-Ramada (IND)   ODI	97%	18	15	3	16	0	0	27	22
			Santa Cruz de Benfica (IND)   SCB	95%	17	15	3	16	0	0	27	22

Zona	Tipo de estação/ Nome da estação (tipo de medição)/ Abreviatura da estação		Eficiência Anual (%)	Base Anual (Média Anual)				Base Diária (Dias>VLD)				
				Concentração (µg/m³)		Contribuição de origem natural		Excedências VLD (Nº)		36º Máximo Diário		
				Antes	Após	Após (µg/m³)	Após (%)	Antes	Após	Antes	Após	
Z	F	Alfragide/ Amadora (IND)   ALF	65%	17	15	3	16	0	0	24	20	
		Alverca (IND)   ALV	88%	15	12	3	21	0	0	23	18	
		Loures-Centro (IND)   LOU	87%	18	16	3	16	0	0	28	22	
		Mem Martins (FIX)   MEM	98%	17	14	3	17	0	0	26	21	
		Olivais (FIX)   OLI	98%	17	14	3	18	0	0	25	20	
		Quinta do Marquês (IND)   MARQ	99%	18	15	3	16	0	0	26	21	
		Reboleira (IND)   REB	95%	15	12	3	19	0	0	24	19	
	AML Sul	I	Escavadeira (FIX)   ESCII	98%	18	15	3	17	1	0	28	22
			Lavradio (IND)   LAV	99%	18	15	3	16	0	0	28	22
			Paio Pires (FIX)   PP	99%	21	18	3	15	6	4	33	26
	Setúbal	F	Laranjeiro (FIX)   LAR	99%	19	16	3	16	1	0	29	23
			Quebedo (FIX)   QUE	95%	18	16	3	15	0	0	27	22
			Arcos (FIX)   ARC	99%	18	15	3	16	0	0	27	22
Z	OVTPS	RF	Chamusca (FIX)   CHA	95%	12	9	3	24	0	0	19	13
			Fernando Pó (FIX)   FPO	98%	17	14	3	18	0	0	26	19
			Lourinhã (IND)   LOR	79%	13	10	3	21	0	0	20	16
<b>Região do Alentejo</b>												
Z	Alentejo Litoral	I	Monte Chãos (IND)   MCH	52%	15	12	3	23	0	0	21	16
			Santiago do Cacém (IND)   SCA	45%	16	11	5	30	0	0	21	14
			Sonega (IND)   SON	44%	13	11	2	18	0	0	17	14
		RF	Monte Velho (IND)   MVE	51%	19	15	3	18	0	0	24	21
	Alentejo Interior	RF	Terena (IND)   TER	82%	13	9	4	28	1	0	21	13
<b>Região do Algarve</b>												
A	Agglom. Sul	T	David Neto (FIX)   DVN	100%	26	23	3	13	8	3	36	31
		F	Joaquim Magalhães (FIX)   EJM	82%	18	15	3	18	2	1	29	22
			Malpique (FIX)   MAL	97%	13	10	3	22	0	0	23	16
Z	Algarve	RF	Cerro (IND)   CER	52%	12	9	2	19	0	0	15	12
<b>Região da Madeira</b>												
A	Funchal	T	São João (FIX)   SJO	89%	21	16	5	23	13	3	33	21
		F	São Gonçalo (FIX)   SGO	98%	18	13	5	29	13	5	31	21
Z	Madeira Porto Santo	RF	Santana (FIX)   SAN	100%	12	7	6	47	10	0	23	10
<b>Legenda:</b>												
Z: Zona; A: A zona é uma aglomeração; Tipo de estação: T-Tráfego, I-Industrial, F-Fundo; RF-Rural de Fundo; Lit. Nor.B. Vouga.: Litoral Noroeste do Baixo Vouga; OVTPS – Oeste Vale do Tejo e Península de Setúbal; Aglom. Sul – Aglomeração Sul; FIX: estação com medição fixa; IND: estação com medição indicativa; VLD – Valor Limite Diário; antes/após – média anual ou n.º de dias acima do VLD antes/após da aplicação dos descontos devido a evento natural; Redução – Redução da média anual após aplicação da metodologia de desconto de eventos naturais; Excedências VLD – N.º de dias em excedência ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> de 50 µg/m³												
<span style="background-color: #f8d7da; padding: 2px;">%</span> Eficiência anual inferior a 85% em medições fixas, ou inferior a 14% em medições indicativas												
<span style="background-color: #fff3cd; padding: 2px;">%</span> Eficiência anual inferior a 85% em medições indicativas												

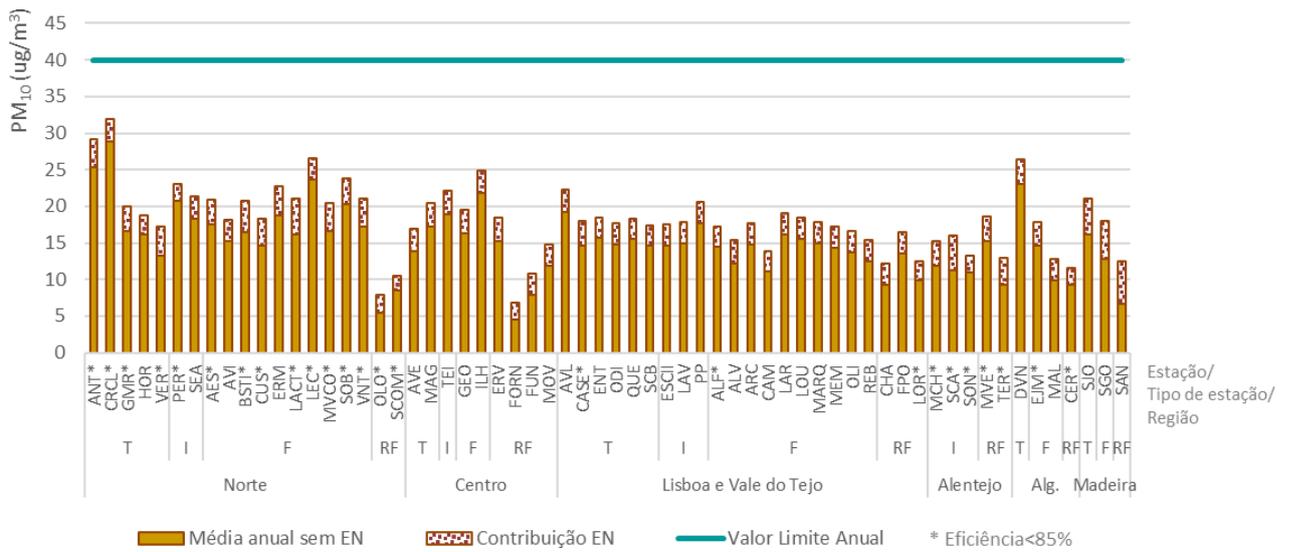


Figura 20. Média anual de PM<sub>10</sub>, por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2023

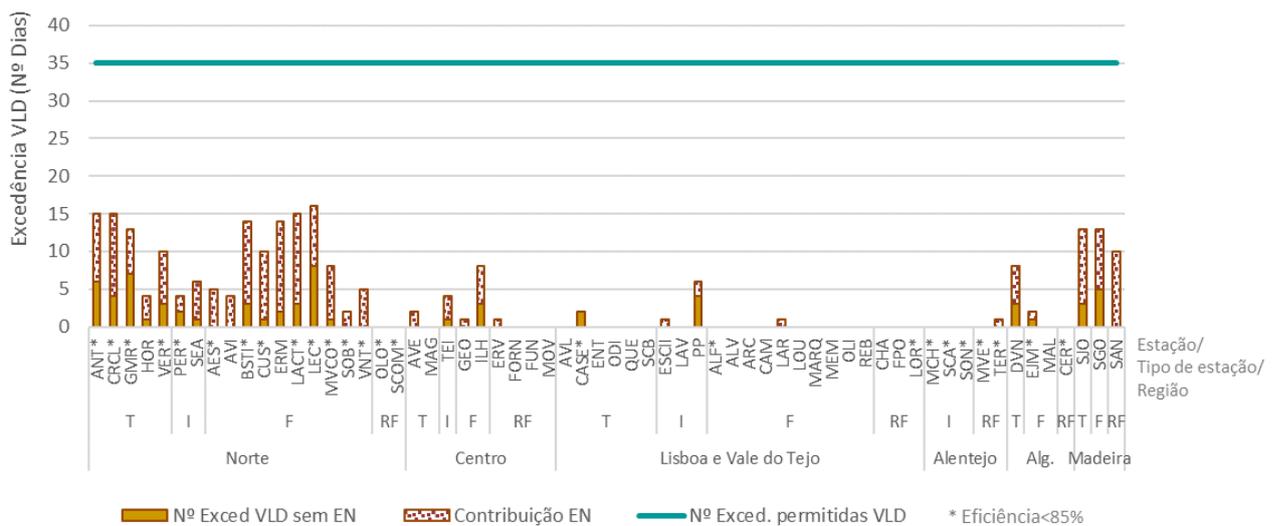


Figura 21. Número de dias em excedência ao valor limite diário de PM<sub>10</sub>, por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2023

A aplicação da metodologia de desconto, permitindo quantificar a fração de origem natural, levou ainda à obtenção dos resultados representados da Figura 22 à Figura 26 (onde se representam os resultados obtidos por região, mês e ano), dos quais se destacam os seguintes aspetos:

► **intensidade dos eventos naturais:**

- em 2023, os episódios de evento natural contribuíram, em média, com  $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de acréscimo na média anual, o que representa um peso de 18% na média anual (tendo em conta as estações com eficiência  $\geq 14\%$ ), valor este mais reduzido relativamente ao último ano e face a 2017, mas acima da média dos últimos dez anos (Figura 22 e Figura 23);
- a Figura 22 revela também uma tendência decrescente nas médias anuais de  $\text{PM}_{10}$  de origem antropogénica ao longo dos anos (fazendo-se esta generalização para a componente de “média anual sem evento natural”), pelo que, para anos mais recentes, com uma forte componente de origem natural, o peso desta fração será mais elevado;
- o peso da contribuição de  $\text{PM}_{10}$  de origem natural, para a média anual (ou seja, a intensidade dos eventos naturais), foi mais significativo na região da Madeira (Figura 24), sendo de  $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (região esta com um menor número de dias de EN que o resto do país mas com maior contribuição de carga particulada para a média anual), o que representa 31% da média anual deste Arquipélago. Já em Portugal Continental, a contribuição média de origem natural situou-se nos  $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o que representa 18% da média anual registada nas estações de monitorização localizadas neste território. Esta contribuição, ao contrário do que é habitual, foi superior nas Aglomerações e inferior nas Zonas de Portugal Continental;
- os eventos registados em Portugal Continental, durante os meses de fevereiro, agosto e outubro, foram os mais intensos, sendo aqueles em que se alcançaram as concentrações de  $\text{PM}_{10}$  mais elevadas (Figura 25 e Figura 26). Em estações de tipologia rural de fundo ocorreram apenas duas ultrapassagens ao valor limite diário de  $\text{PM}_{10}$ : em Terena (Alentejo Interior) e Ervedeira (Centro Litoral);
- o perfil da intensidade dos eventos naturais nem sempre é coincidente com aquele em que se apresenta o número de dias de evento natural (Figura 25 e Figura 26): por exemplo, em Portugal Continental, os meses de junho e agosto foram os que totalizaram um maior número de dias sob influência de EN mas as maiores contribuições de carga natural particulada ocorreram em fevereiro e outubro;
- no Arquipélago da Madeira os meses com maior número de dias de evento natural foram os de agosto (22 dias) e outubro (17 dias) e os meses de eventos naturais mais intensos foram os de fevereiro e outubro, tal como no território Continental, mas representando uma carga particulada muito mais elevada (Figura 26);

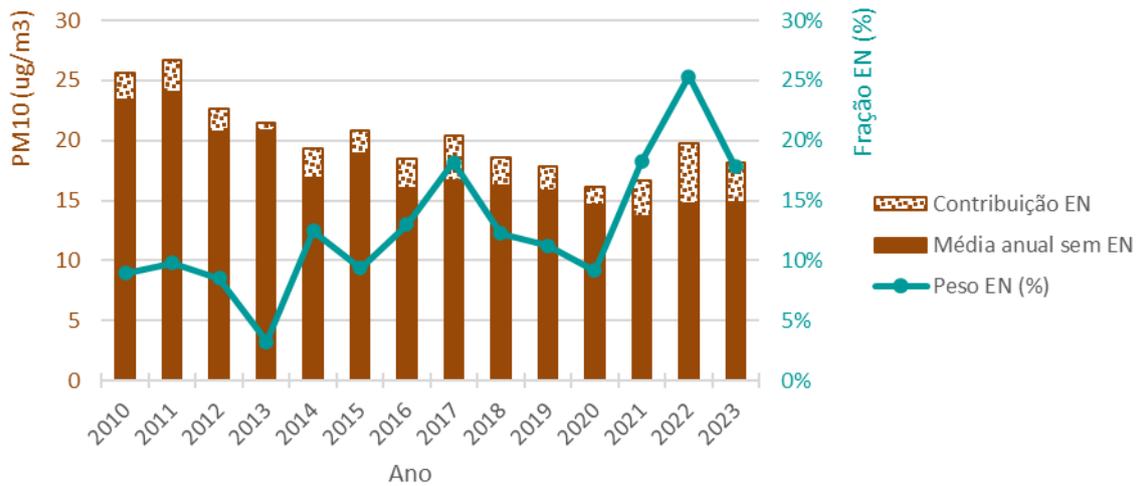


Figura 22. Contribuição da fração natural para a média anual de PM<sub>10</sub>, entre 2010 e 2023 (expressa em µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> e %)

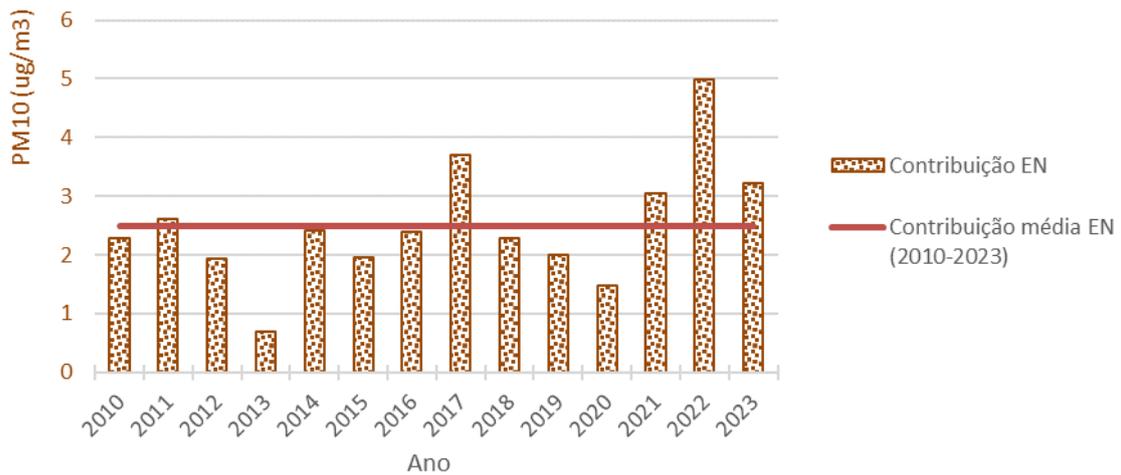


Figura 23. Contribuição de eventos naturais (fração natural) para a média anual de PM<sub>10</sub>, entre 2010 e 2023 (expressa em µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>)

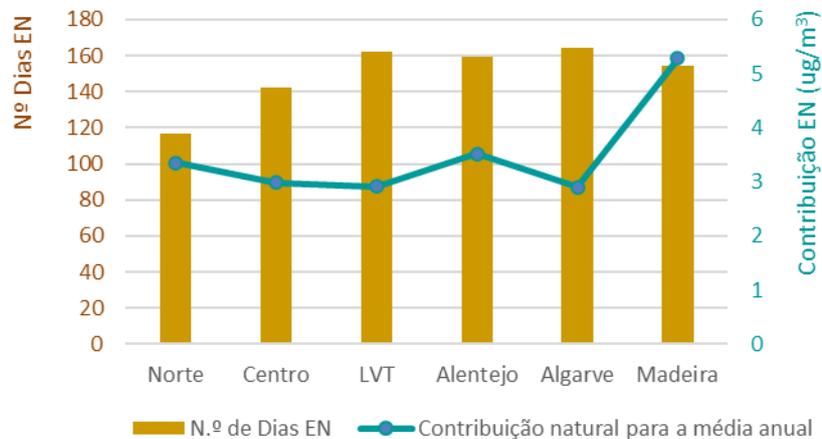


Figura 24. Contribuição da fração natural para a média anual de PM<sub>10</sub> e número de dias de EN identificados, por região, em 2023

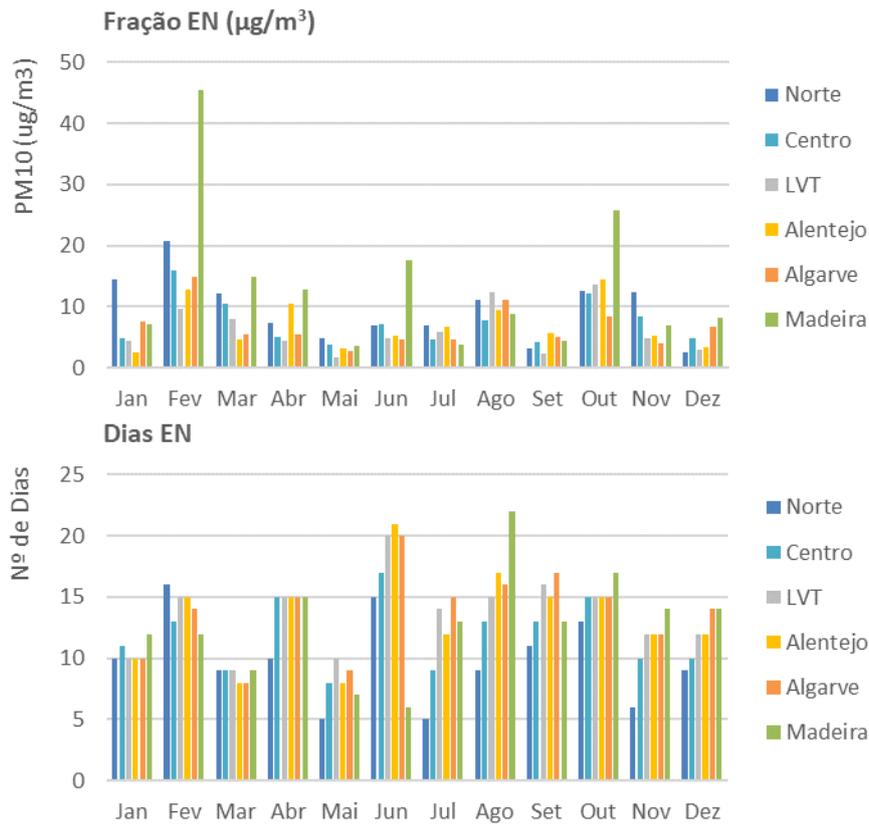


Figura 25. Contribuição da fração natural para a média anual de  $\text{PM}_{10}$  (cima) e número de dias de EN identificados (baixo), por região e mês, em 2023

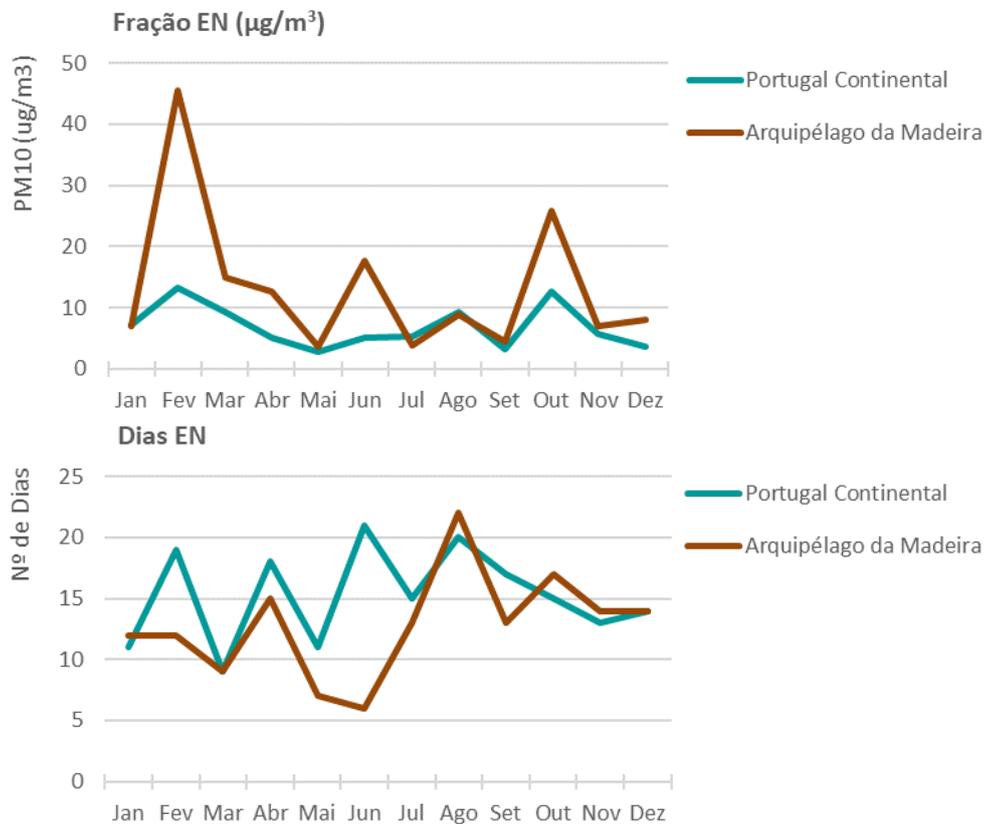


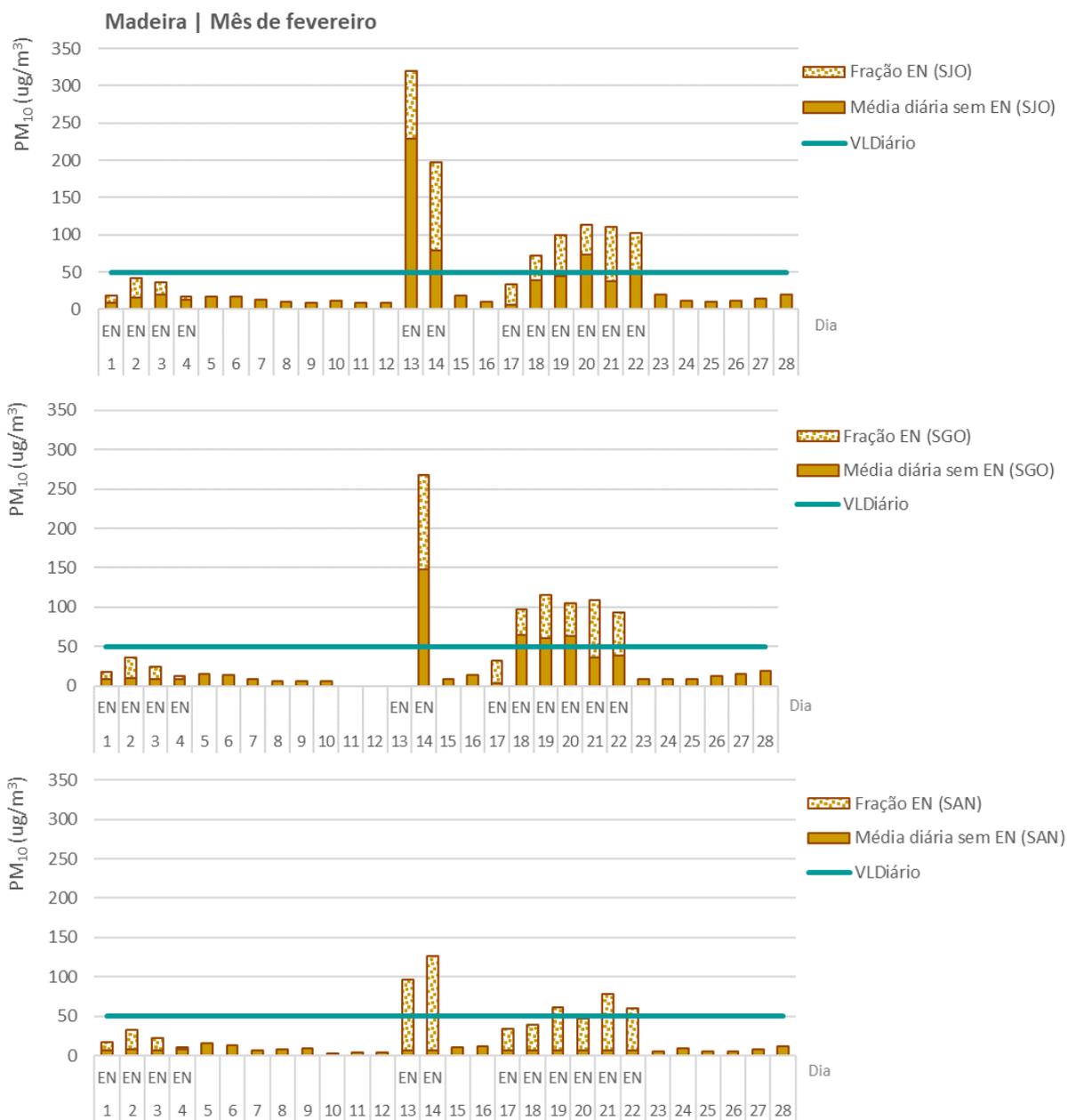
Figura 26. Contribuição da fração natural para a média anual de  $\text{PM}_{10}$  (cima) e número de dias de EN identificados (baixo), em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, em 2023

► causas das excedências ao valor limite diário de PM<sub>10</sub>:

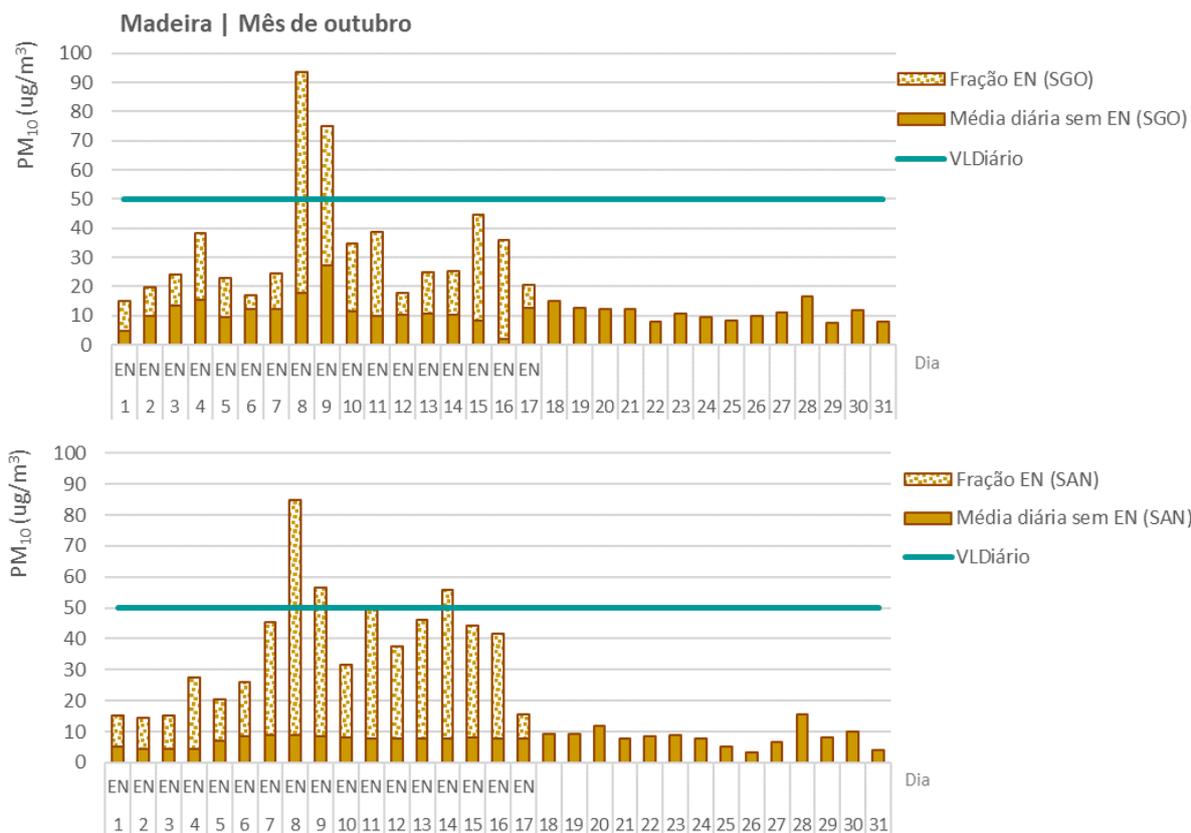
- em termos da contribuição dos eventos naturais para as excedências ao valor limite diário, verifica-se que esta é superior na região da Madeira (sendo de 12 dias, em média) e inferior em Portugal Continental (sendo de 4 dias);
- em Portugal Continental as excedências ao valor limite diário ocorreram em maior número na região Norte, mas contando também com uma contribuição significativa devida a eventos naturais (Figura 21);
- nas estações rurais de fundo apenas se registaram excedências ao valor limite diário de PM<sub>10</sub> na região da Madeira (10 excedências, nos meses de fevereiro e outubro), sendo que todas se deveram à ocorrência de evento natural. Dado o carácter excecional destes episódios de grande intensidade, documentam-se os mesmos na Figura 27 e na Figura 28;
- o episódio ocorrido no mês de fevereiro na região da Madeira foi o mais intenso de 2023, com concentrações a atingir os 320 µg/m<sup>3</sup> na estação de São João (de tipologia urbana de tráfego), 267 µg/m<sup>3</sup> na estação de São Gonçalo (de tipologia urbana de fundo) e 126 µg/m<sup>3</sup> na estação de Santana (de tipologia rural de fundo). A magnitude deste evento natural causou redução da visibilidade, tendo causado constrangimentos no funcionamento do Aeroporto Internacional da Madeira (Fonte: RTP Madeira<sup>20</sup>), tal como ilustrado na Figura 29.

---

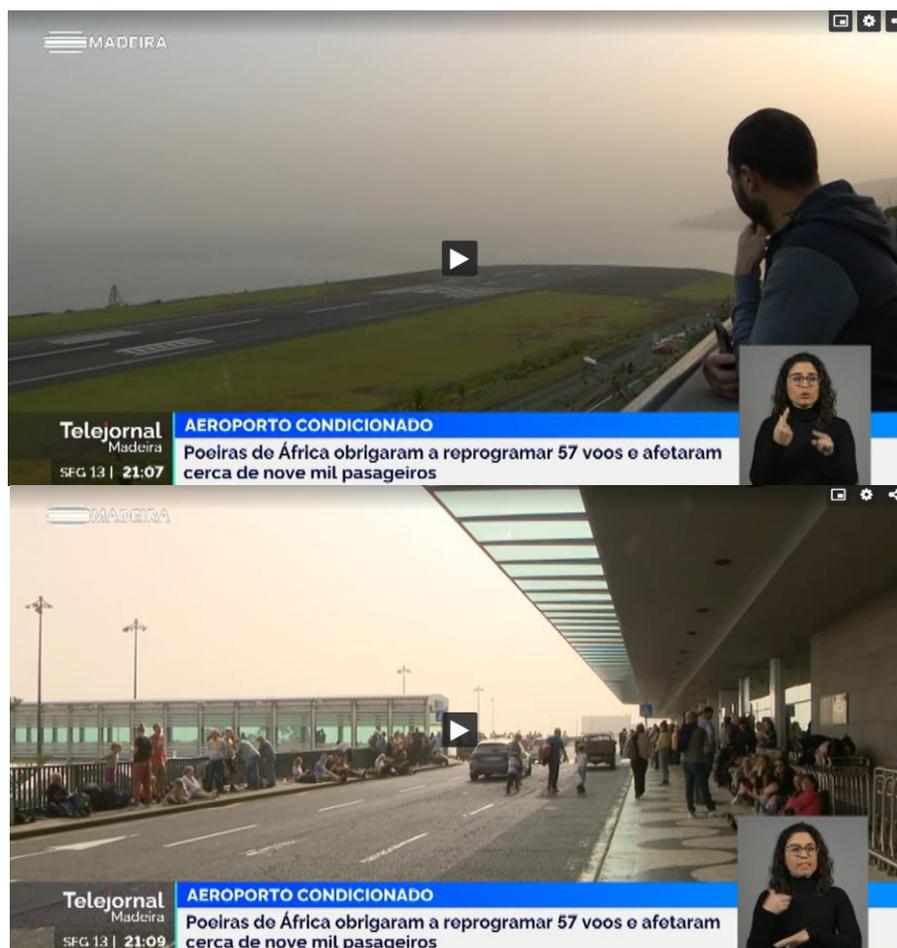
<sup>20</sup> Fonte: RTP Madeira, 13/fev 2023, disponível em: <https://madeira.rtp.pt/sociedade/poeiras-encerram-aeroporto-e-deixam-9-mil-sem-aviao-video/>



**Figura 27. Caracterização dos episódios de evento natural (EN), ocorridos na região da Madeira em fevereiro de 2023: concentrações de PM<sub>10</sub> medidas nas estações de São João (SJO, estação urbana de tráfego), São Gonçalo (SGO, estação urbana de fundo) e Santana (SAN, estação rural de fundo)**



**Figura 28. Caracterização dos episódios de evento natural (EN), ocorridos na região da Madeira em outubro de 2023: concentrações de PM<sub>10</sub> medidas nas estações de São Gonçalo (SGO, estação urbana de fundo) e Santana (SAN, estação rural de fundo) (Nota: a estação de SJO não apresentou dados no período do episódio)**



**Figura 29. Impacte do evento natural de fevereiro de 2023 na visibilidade, na região da Madeira (Fonte: RTP Madeira, 13/02/2023)**

Em resumo, verificou-se que a contribuição de partículas, com origem natural, nas regiões áridas do Norte de África, durante o ano de 2023, foi substancial quer em número de dias de ocorrência (2º ano com mais dias de evento natural desde 2010) quer em intensidade (3º ano com maior contribuição para a média anual de PM<sub>10</sub>, desde 2010). No mês de fevereiro ocorreu um evento natural de intensidade significativa, que afetou de forma particularmente intensa a região da Madeira, com concentrações de PM<sub>10</sub> a atingir os 320 µg/m<sup>3</sup> (situando-se seis vezes acima do valor limite diário estabelecido para este poluente) mas de curta duração.

## 6 Conclusões

O transporte a longa distância de partículas com origem natural, desde zonas áridas do Norte de África, como é o caso dos desertos do Sahara e Sahel, traduz-se num acréscimo dos níveis de partículas em suspensão (PM<sub>10</sub>) à superfície, podendo este ser significativo. A metodologia utilizada no âmbito do presente estudo permitiu efetuar a identificação dos dias de ocorrência destes fenómenos, designados por eventos naturais, no território de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, bem como, efetuar a avaliação da sua contribuição no acréscimo de concentrações de partículas PM<sub>10</sub>, medidas à superfície, nas estações das redes de monitorização da qualidade do ar, para o ano de 2023.

A identificação dos dias de evento natural teve em conta a informação dada essencialmente pelos modelos WMO Barcelona Dust Regional Center, SKIRON, HYSPLIT e NAAPS Global Aerosol Model, bem como, pelas concentrações de PM<sub>10</sub> medidas nas 63 estações de monitorização da qualidade do ar e concentrações de carga mineral particulada, de origem natural, disponibilizadas pelo CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service).

Relativamente aos dias de ocorrência de eventos naturais, em 2023, apuraram-se 183 dias com intrusões africanas representando 50% do ano, enquadrando-se num valor muito acima da média dos últimos catorze anos. O ano de 2023, em Portugal Continental, classificou-se como extremamente quente e seco. O boletim climatológico deste ano salienta, para o período de verão, um transporte anómalo de ar quente e seco proveniente do Norte de África.

Manteve-se o padrão mais prevalente de ocorrência de um maior número de dias de evento natural nas regiões a sul decrescendo para as regiões mais a norte de Portugal Continental. No Arquipélago da Madeira manteve-se também a tendência de registo de menor número de dias de evento natural (que foi no entanto superior face a anos anteriores), mas com uma contribuição mais intensa nas concentrações de PM<sub>10</sub>, face ao registado no território continental.

Os 183 dias de eventos naturais ocorreram distribuídos em 36 episódios em Portugal Continental e 27 episódios no Arquipélago da Madeira, com uma duração média de 5 e 6 dias, respetivamente. À semelhança do ano anterior, foram frequentes episódios de longa duração, o que não foi muito habitual nos anos anteriores a 2022.

Verifica-se que os meses de maior ocorrência de eventos naturais têm apresentado alguma variabilidade nos últimos anos. Em 2023 registaram-se episódios de evento natural em todos os meses do ano, destacando-se junho e agosto com maior número de dias de evento natural em Portugal Continental e agosto e outubro no Arquipélago da Madeira. O perfil da intensidade dos eventos naturais nem sempre é coincidente com o do maior número de dias de evento natural: em Portugal Continental e na Madeira as maiores contribuições de partículas em suspensão de origem natural ocorreram durante episódios ocorridos nos meses de fevereiro e outubro.

Relativamente à quantificação da contribuição da carga particulada de origem natural, em 2023, os episódios de evento natural contribuíram, em média, com 3,1 µg/m<sup>3</sup> de acréscimo na média anual em Portugal Continental, o que representa um peso de 17% (valor este mais reduzido relativamente ao último ano e face a 2017, mas acima da média dos restantes últimos dez anos). Se a análise se centrar apenas na região da Madeira, este peso aumenta para os 31%, dada a maior intensidade dos episódios de transporte poeiras nesta região.

Destaca-se um episódio de intensidade significativa, ocorrido em fevereiro, que afetou de forma particularmente intensa a região da Madeira, com concentrações de PM<sub>10</sub> a atingir os 320 µg/m<sup>3</sup> (situando-se seis vezes acima do valor limite diário estabelecido para este poluente), com impacte ao nível da visibilidade, tendo trazido constrangimentos ao funcionamento do Aeroporto Internacional da Madeira.

Em termos de conformidade legal, verifica-se que em 2023 não se registaram incumprimentos ao valor limite anual ou diário de PM<sub>10</sub>. As ultrapassagens registadas ao valor limite diário foram sempre em número inferior ao máximo permitido pela legislação, não se traduzindo em situações de inconformidade, sendo significativa a contribuição dos eventos naturais para a ocorrência destas excedências diárias. Com efeito, em Portugal Continental a contribuição de origem natural para as excedências ao valor limite diário situou-se nos 72% e na região da Madeira esta percentagem aumenta para os 78%.

Em resumo, verifica-se que a contribuição de partículas, com origem natural, nas regiões áridas do Norte de África, durante o ano de 2023, foi substancial quer em número de dias de ocorrência (2º ano com mais dias de evento natural desde 2010) quer em intensidade (3º ano com maior contribuição para a média anual de PM<sub>10</sub>, desde 2010).

## 7 Referências bibliográficas

CUE - Conselho da União Europeia, (2011). *Commission staff working paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe*. 18 Fevereiro, Bruxelas.

Escudero M, Querol X, Pey J, et al, (2007). *A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks*. Atmos Environ 41:5516–5524. doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.047.

ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas), (2023). *8.º Relatório Provisório de Incêndios Florestais – 01 de janeiro a 15 de outubro*, 8.º RPIR/DGPFR/2023, 15/10/2023, Disponível em: <https://www.icnf.pt/api/file/doc/058d65a2c60898dc>.

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), (2024). *Boletim Climatológico Anual 2023 – Resumo*. Versão 1.0, fevereiro 2024, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Divisão de Clima e Alterações Climáticas, Disponível em: [https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20240325/NJwiNVXlahTAVKioLFka/cli\\_20231201\\_20231231\\_pcl\\_aa\\_co\\_pt.pdf](https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20240325/NJwiNVXlahTAVKioLFka/cli_20231201_20231231_pcl_aa_co_pt.pdf).

Querol, X., Alastuey, A., (1999). *Detection of Natural Events Influencing PM<sub>10</sub> Measurements*. Barcelona, Spain, [Documento não publicado].

Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Escudero, M., Castillo, S., Orío, A., González, M., Pallarés, M., Jiménez, S., Ferreira, F., Marques, F., Monjardino, J., Cuevas, E., Alonso, S., Artíñano, B., Salvador, P., de la Rosa, J., (2013), *Methodology for the identification of natural episodes in PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>, and justification with regards to the exceedances of the PM<sub>10</sub> daily limit value*. Instituto de Diagnóstico Ambiental Y Estudios del Agua – CSIC - Ministerio de Ciencia e Innovación, Universidad Nova de Lisboa, AEMet-Izaña, CIEMAT, Universidad de Huelva, IDEA/CSIC. Barcelona, Spain.