





**IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE  
EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2016**

**RELATÓRIO ANUAL**

<b>Título/ Âmbito</b>	<p>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2016   Relatório Anual</p> <p>Documento elaborado no âmbito da aquisição de serviços para o acompanhamento dos eventos naturais com relatórios do desconto face à componente PM<sub>10</sub> e estudo da influência nos níveis de PM<sub>2,5</sub></p>
<b>Data</b>	Maio 2017
<b>APA</b>	<p>Agência Portuguesa do Ambiente</p> 
<b>NOVA.ID.FCT</b>	<p>Associação para a Inovação e Desenvolvimento da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa</p> 
<b>Equipa</b>	<p>Francisco Ferreira (Coordenação)</p> <p>Joana Monjardino (Equipa técnica)</p> <p>Luísa Mendes (Equipa técnica)</p>

## Índice

1	Introdução .....	5
2	Enquadramento .....	6
2.1	<i>Tipologia de eventos naturais</i> .....	6
2.1.1	Aspetos gerais.....	6
2.1.2	Eventos naturais na Península Ibérica.....	8
2.2	<i>Enquadramento legislativo</i> .....	10
2.3	<i>Eventos naturais no contexto Ibérico: desenvolvimento de uma metodologia conjunta</i> 12	
3	Metodologia .....	13
3.1	<i>Aspetos gerais e secções geográficas de análise</i> .....	13
3.2	<i>Identificação de eventos naturais</i> .....	15
3.3	<i>Quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão</i> .....	16
4	Identificação dos dias de eventos naturais com origem na intrusão de ar proveniente do Norte de África em 2016 .....	20
5	Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM <sub>10</sub> em 2016 .....	26
5.1	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2016</i> .....	26
5.2	<i>Influência dos eventos naturais nas excedências aos valores limite de PM<sub>10</sub></i> .....	28
6	Conclusões.....	33
7	Referências bibliográficas .....	34

## 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 1. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos .....	14
Figura 2. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal em 2016 .....	17
Figura 2. Exemplo dos elementos que contribuem para a identificação de um dia de evento natural com influência sobre o território nacional (neste caso a 30/08/2015 com o modelo BSC-DREAM: concentrações à superfície, ocorrência de precipitação, deposição seca e deposição húmida) .....	20
Figura 3. Exemplo dos elementos que contribuem para a identificação de um dia de evento natural com influência sobre o território nacional (neste caso a 30/08/2015 com as retrotrajetórias HYSPLIT para cada uma das estações rurais de fundo representativas das regiões: Douro-Norte, Fundão, Chamusca, Terena, Cerro e Santana) .....	21
Figura 5. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2016 .....	23
Figura 4. Distribuição do número de dias de evento natural por ano .....	24
Figura 6. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2016 (dados preliminares).....	24
Figura 7. Distribuição do número de episódios de ocorrência de evento natural de acordo com a sua duração em 2016.....	25
Figura 8. Número máximo de excedências ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> , por zona, antes e após o desconto da fração devida a evento natural, em 2016 .....	32
Figura 9. Máximo da média anual de PM <sub>10</sub> , por zona, antes e após o desconto da fração devida a evento natural, em 2016 .....	32

## 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. Zonas Ibéricas selecionadas para a identificação de ocorrência de eventos naturais.....	14
Tabela 4. Identificação preliminar de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África no ano de 2016 (datas de ocorrência por região).....	21
Tabela 5. Eficiência anual das medições de partículas PM <sub>10</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2016 (%) .....	26
Tabela 6. Verificação da situação de excedência ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> antes e após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição devida a eventos naturais, em 2016.....	29
Tabela 7. Verificação da situação de excedência ao valor-limite anual de PM <sub>10</sub> antes e após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição devida a eventos naturais, em 2015.....	30

## 1 Introdução

O presente relatório consiste na identificação de identificação e avaliação de eventos naturais, de transporte a longa distância de poeiras provenientes dos desertos do norte de África, ocorridos em Portugal, no ano de 2016.

O transporte a longa distância de partículas com origem em regiões áridas, 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. Estes fenómenos podem conduzir a excedências ao valor limite diário legislado de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A avaliação da contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais, nos níveis de qualidade do ar, está prevista pelo enquadramento legal nacional e comunitário (no Decreto-Lei n.º 102/2010 e na Diretiva 2008/50/CE, respetivamente, documentos estes 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 massas de ar com partículas em suspensão com origem nos desertos do Norte de África.

## 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.

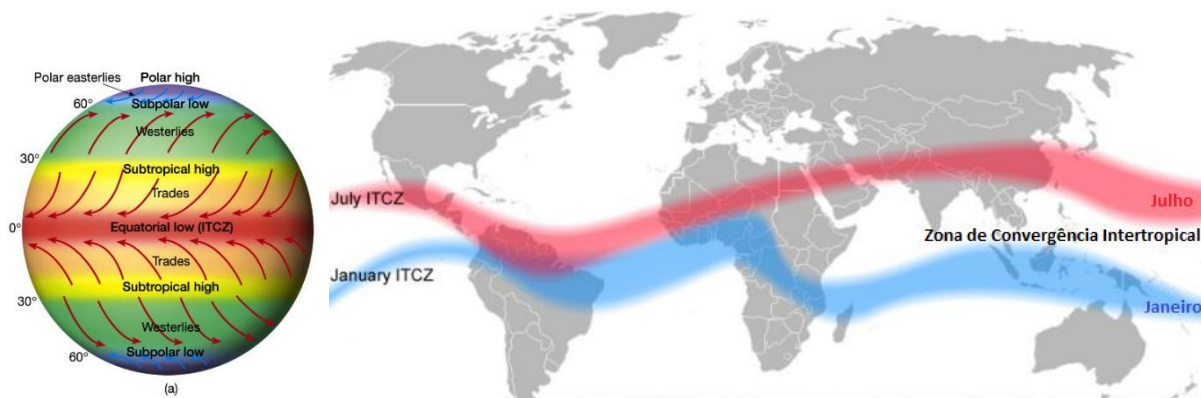
De acordo com Querol *et al* (2013) as áreas exportadoras de partículas crustais têm como característica comum consistir em bacias, nas quais se acumula uma grande quantidade de material particulado crustal de granulometria fina, devido à erosão de zonas áridas em épocas de chuvas torrenciais. Durante 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.

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.

---

<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.



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

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 lavagem 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:

- 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 alísios. 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 o Norte de África encontra-se mais frio, 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 na zona Mediterrânica (a níveis superficiais da atmosfera):
  - esta situação conduz à formação de uma massa de poeira, bem definida e com forma convexa, que gira sobre o Oceano Atlântico e alcança a Península Ibérica pela zona Oeste;
  - estes episódios têm um elevado impacto 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 Norte Africano 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 baixa térmica Norte Africana, fazendo deslocar o anticiclone Norte Africano 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, no que diz respeito aos causados por sistemas ciclónicos atlânticos, 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)**

Tipo de Evento	Período	Origem e Condições meteorológicas predominantes
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 (alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015 e posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 47/2017) 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).

Este diploma legal foi transposto tendo em conta critérios de eficiência e de simplificação, agregando num só documento o regime jurídico relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente (o qual se encontrava disperso por vários diplomas legais), incluindo vários elementos chave. 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.

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.

Na Tabela 2 encontram-se os objetivos ambientais estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010 para a proteção da saúde humana estabelecidos 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) Percentil 90,4*
		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
<b>VL:</b> valor limite; <b>NAT:</b> Avaliação da contribuição natural (não sendo necessário comunicar dados atualizados); *É avaliado usando o 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 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.

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 CCDR devem elaborar listas das zonas e aglomerações 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, encorajando os Estados-Membros a implementar determinadas

metodologias e a apresentar sob a forma de um relatório anual a documentação completa dos episódios identificados, justificando-se assim a elaboração do presente documento.

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

Relativamente à avaliação dos eventos com origem nos desertos Norte Africanos tem vindo a ser aplicada uma metodologia conjunta 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/UNL, resultando de um convénio Luso-Espanhol de colaboração entre os respetivos ministérios que tutelam a pasta do Ambiente.

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 identificou a ocorrência de fenómenos naturais;
- quantificar a contribuição do fenómeno natural para a média diária e anual de  $PM_{10}$ ;
- avaliar a redução no número de dias em excedência ao valor limite diário de  $PM_{10}$ ;
- avaliar a redução das estações em excedência ao valor limite anual de  $PM_{10}$ ;
- averiguar que estações de monitorização de qualidade do ar passam a estar em cumprimento legal, relativamente ao poluente  $PM_{10}$ .

A intrusão de ar transportando poeiras de regiões áridas Norte-africanas é caracterizada por uma grande dimensão espacial, sendo a sua avaliação feita para todo o domínio da Península Ibérica, identificando-se a ocorrência deste fenómeno por secções geográficas atribuídas a Portugal e Espanha (apresentadas em maior detalhe na secção relativa à Metodologia).

## 3 Metodologia

### 3.1 Aspetos gerais e secções geográficas de análise

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>.

Relativamente à avaliação dos eventos com origem nos desertos Norte Africanos, e do seu impacte nas concentrações de PM<sub>10</sub>, tem vindo a ser aplicada uma metodologia conjunta 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/UNL, resultando de um convénio Luso-Espanhol de colaboração entre os respetivos ministérios que tutelam a pasta do Ambiente. A identificação e avaliação de eventos naturais tem vindo, assim, a ser efetuada, em Portugal, desde 2006, (com alguns ajustes na metodologia aplicada), para as partículas PM<sub>10</sub> (estando os relatórios anuais disponíveis no sítio *on-line* da APA<sup>2</sup>).

A intrusão de ar transportando poeiras de regiões áridas Norte Africanas é caracterizada por uma grande dimensão espacial, sendo a sua avaliação efetuada para todo o domínio da Península Ibérica, identificando-se a ocorrência deste fenómeno por secções geográficas atribuídas a Portugal e Espanha, cabendo a cada país a análise das secções do seu território, representadas na Figura 4.

A Portugal, cabe o tratamento de dados das secções NW (utilizando os dados disponibilizados pela CCDR Norte), W (com os dados da CCDR Centro e CCDR LVT), SW (com os dados da CCDR Alentejo) e Madeira (com os dados da SRARN/DROTA da Madeira), cabendo a Espanha o cálculo das regiões NW (partilhada com Portugal), N, NE, Centro, Levante, Baleares, SW (partilhada com Portugal), SE e Canárias, tal como se representa na Tabela 3.

---

<sup>2</sup> Disponível em APAmbiente > Políticas > Ar > Qualidade do Ar Ambiente > Partículas em Suspensão: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=316&sub3ref=383>

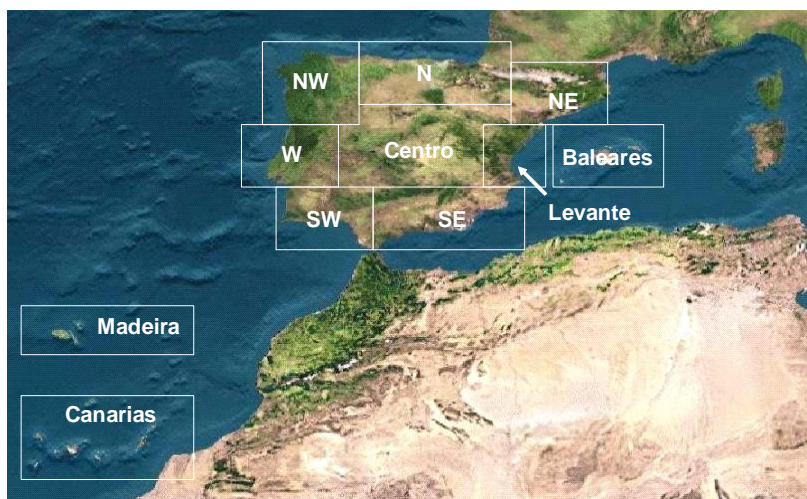


Figura 4. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos

Tabela 3. Zonas Ibéricas seleccionadas para a identificação de ocorrência de eventos naturais

Zona	Espanha	Portugal
<b>NW</b>	Galicia, Asturias, Noroeste de Castilla y León	Região Norte
<b>N</b>	Cantabria, País Vasco, La Rioja	-
<b>NE</b>	Navarra, Aragón, Cataluña	-
<b>W</b>	-	Região Lisboa e Vale do Tejo e Região Centro
<b>Centro</b>	Resto da Extremadura, Castilla la Mancha, Comunidad de Madrid, Castilla León	-
<b>Levante</b>	Comunidade Valenciana até ao delta do Ebro	-
<b>Baleares</b>	Baleares (Arquipélago)	-
<b>SW</b>	Andaluzia Occidental, Sul da Extremadura	Região Algarve e Região Alentejo
<b>SE</b>	Andaluzia Oriental, Murcia	-
<b>Canárias</b>	Canárias (Arquipélago)	-
<b>Madeira</b>	-	Madeira (Arquipélago)

Em Portugal, em termos metodológicos, seguem-se as seguintes etapas para a identificação e avaliação dos episódios de advecção de poeiras do Norte de África:

- os dias de ocorrência de intrusão de ar proveniente do Norte de África são identificados e assinalados para cada região do país, recorrendo-se a um conjunto de ferramentas para o efeito;
- 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<sup>3</sup>. 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

<sup>3</sup> Na região Centro, devido às especificidades das zonas Centro Litoral e Centro Interior, tem-se utilizado uma estação rural de fundo de cada uma destas zonas, perfazendo um total de duas estações representativas na região Centro.

quantificar a contribuição da intrusão de poeiras em cada região de jurisdição das Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR);

- após a identificação dos dias em que ocorreu intrusão de ar contaminado com partículas provenientes do Norte de África, a contribuição do evento em Portugal é quantificada em cada região.

A metodologia aplicada tem permitido:

- inventariar os dias para os quais se identificou a ocorrência de fenómenos naturais;
- quantificar a contribuição do fenómeno natural para a média diária e anual de PM<sub>10</sub>;
- avaliar a redução no número de dias em excedência ao valor limite diário de PM<sub>10</sub>;
- avaliar a redução das estações em excedência ao valor limite anual de PM<sub>10</sub>;
- averiguar que estações de monitorização de qualidade do ar passam a estar em cumprimento legal, relativamente ao poluente PM<sub>10</sub>.

## 3.2 Identificação de eventos naturais

A identificação dos dias de evento natural é efetuada anualmente pela APA e tem sido baseada na metodologia descrita por Querol *et al* (2010). A identificação dos dias de evento natural consiste, assim, num processo que resulta da combinação da informação dada por várias ferramentas, nomeadamente:

- a) Modelos **BSC-DREAM8b**<sup>4</sup> e **NMMB/BSC-Dust**<sup>5</sup> **BSC Dust Daily Forecast** e Modelo **SKIRON Dust**<sup>6</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>7</sup>: indicam a proveniência da massa de ar no local das estações de monitorização, a vários níveis de altitude (por exemplo a 750 m, 1500 m, 2500 m), recuando até cinco dias atrás.

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) **Imagens LIDAR**<sup>8</sup>: nos casos de dúvida, em que a informação dada pelas restantes ferramentas se revela insuficiente, é possível analisar o perfil vertical da atmosfera, em datas específicas, verificando-se a existência de aerossol troposférico de origem natural;

---

<sup>4</sup> BSC-DREAM8b: <http://www.bsc.es/ESS/bsc-dust-daily-forecast>

<sup>5</sup> NMMB/BSC-Dust: <http://www.bsc.es/ESS/bsc-dust-daily-forecast>

<sup>6</sup> SKIRON Dust: <http://forecast.uoa.gr/dustindx.php>

<sup>7</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>8</sup> LIDAR (Light Detection And Ranging): [https://www-calipso.larc.nasa.gov/products/lidar/browse\\_images/show\\_calendar.php](https://www-calipso.larc.nasa.gov/products/lidar/browse_images/show_calendar.php)



- d) **Concentrações** medidas nas estações de monitorização da qualidade do ar<sup>9</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).

### 3.3 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 contaminado com partículas provenientes 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, transportadas nos episódios de advecção de poeiras do Norte de África, que tem sido aplicada a nível nacional<sup>10</sup> é baseada na indicada em Querol *et al* (2010).

Como ponto de partida, para cada uma das regiões em estudo, seleciona-se uma estação rural de fundo representativa. O objetivo é que a estação seja a mais remota possível em relação à influência de fontes de emissão antropogénicas e que, desta forma, apresente as concentrações mais reduzidas de partículas em suspensão para se poder identificar a contribuição da fração natural. Identificaram-se as seguintes estações representativas, representadas na Figura 5:

- Douro Norte (OLO) na região Norte;
- Fundão (FUN) e Montemor-o-Velho (MVE)<sup>11</sup> na região Centro;
- Chamusca (CHA) na região de Lisboa e Vale do Tejo;

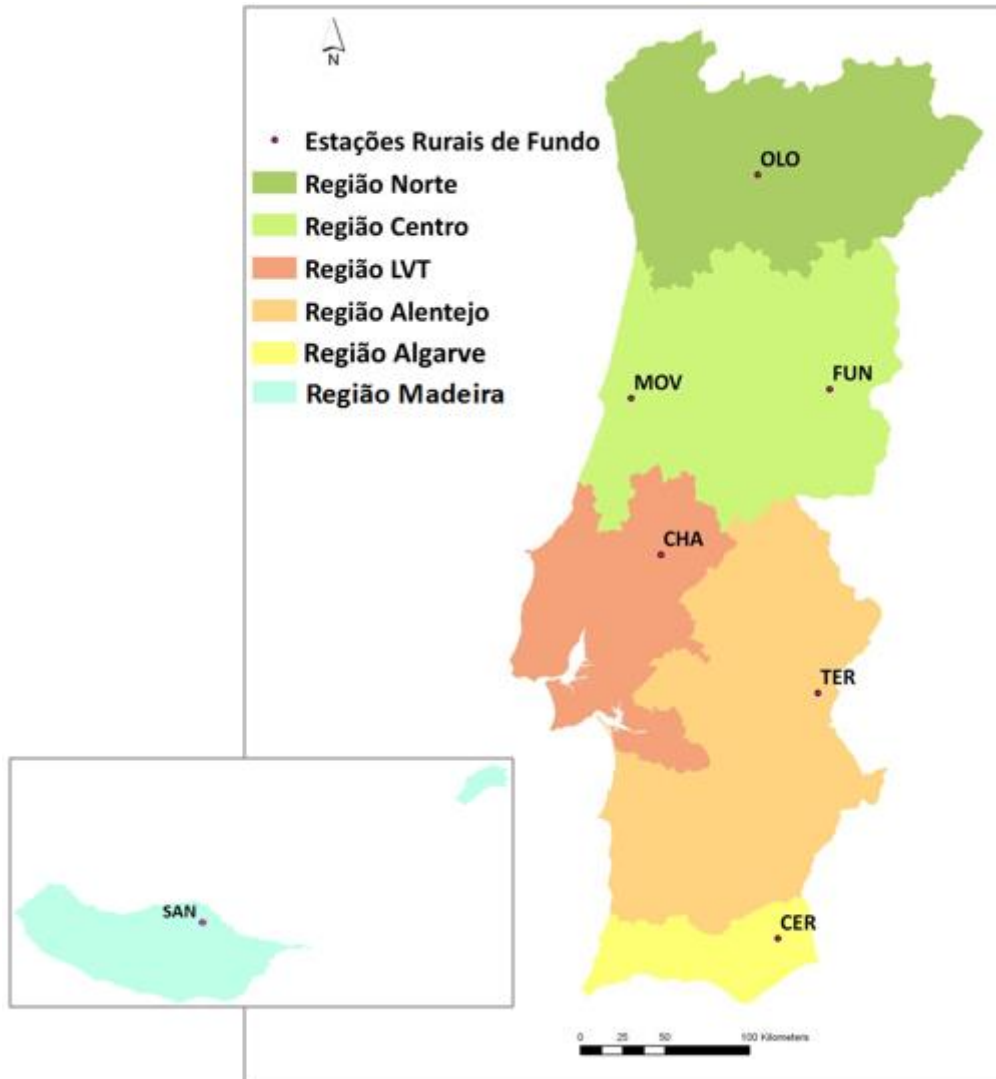
---

<sup>9</sup> QUALAR/Downloads: <http://qualar.apambiente.pt/index.php?page=6>

<sup>10</sup> Relatórios anuais disponíveis em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=316&sub3ref=383>.

<sup>11</sup> Na região Centro, devido às especificidades das zonas Centro Litoral e Centro Interior, tem-se utilizado uma estação rural de fundo representativa de cada uma destas zonas (ao invés de apenas uma estação para toda a região Centro).

- Terena (TER) na região do Alentejo;
- Cerro (CER) na região do Algarve;
- Santana (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 em 2016**

Seguem-se os cálculos da contribuição da fração natural que, resumidamente, compreendem as seguintes etapas:

- para cada dia identificado de evento natural, 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) – o Percentil 40<sup>12</sup> está correlacionado com dias associados a advecção atlântica representando a fração de ar limpo;

- 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 rural de fundo representativa de cada região é posteriormente subtraída às concentrações médias diárias de todas as estações de cada região.

A análise dos resultados obtidos com a aplicação desta metodologia pode focar-se 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 nº. 102/2010.

Na aplicação da metodologia de desconto de eventos naturais podem surgir situações especiais que implicam ligeiras alterações à metodologia definida, nomeadamente:

- 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);
- a contribuição natural obtida é nula** – em determinados episódios, o desconto da contribuição poderá ser nulo. Esta situação reflete um episódio com um transporte de partículas muito fraco. Nestes caso pode-se optar por não se aplicar o desconto da contribuição de evento natural às concentrações de partículas;
- a contribuição natural obtida é negativa** – nas situações em que o fenómeno natural é mais intenso na estação rural de fundo representativa do que nas restantes localizações, a contribuição natural estimada pode dar origem a valores negativos, após a aplicação da metodologia de desconto. Nestes casos pode selecionar-se uma das opções, pela seguinte ordem:
  - 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;
  - se o valor descontado continuar negativo, substitui-se pelo desconto determinado através da estação rural de fundo mais próxima;
  - 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).
- a intensidade do evento natural é reduzida** – em determinados eventos, a massa de ar africano carregada de partículas apresenta uma concentração mais elevada a maiores altitudes. A estação rural de fundo pode registar valores muito superiores relativamente às outras estações, se estiver localizada a uma altitude superior. Consequentemente, ao aplicar o desconto às várias estações podem obter-se valores negativos, tratando-se da situação

---

<sup>12</sup> Estudos realizados indicam que o percentil 40 reproduz adequadamente o valor das estações de fundo sob a influência de processos de advecção de ar atlântico (não contaminado) (Querol *et al.*, 2010; Escudero, 2007).

exposta anteriormente. Da mesma forma, o episódio poderá ser mais intenso junto da superfície e, a estação rural de fundo, localizada a um nível mais elevado, registar concentrações menores. Também pode ocorrer um desfasamento entre a intensidade do evento registado numa estação rural de fundo e nas restantes estações de uma dada região. Este problema decorre da limitação da representatividade espacial das estações de referência e das restantes estações;

- (v) **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-se considerar até dois dias o período de residência das partículas com origem natural, após o evento ter terminado;
- (vi) **especificidade da região Centro** – a região Centro tem uma orografia determinante (principalmente marcada pela Cordilheira Central juntamente com os maciços das Serras de Caramulo e Montemuro), que influencia a dispersão dos poluentes, ocorrendo por vezes um desfasamento entre a intensidade do evento registado nas zonas Centro Litoral e Centro Interior. Analisando os coeficientes de correlação entre as concentrações da zona Centro Interior e da zona Centro Litoral verificam-se comportamentos distintos entre estas duas zonas. Por estes motivos, em 2010 testou-se uma abordagem metodológica para esta região específica, tratando cada zona de forma independente, que se tem replicado desde então. Assim, foram selecionadas duas estações rurais de fundo representativas da região: a do Fundão para a zona Centro Interior e a de Montemor-o-Velho<sup>13</sup> para a zona Centro Litoral (em vez de se considerar apenas a do Fundão para avaliar toda a região Centro).
- (vii) **especificidade da Região Autónoma dos Açores (RAA)** – a RAA é representada pela estação de monitorização da qualidade do ar do Faial. No que diz respeito aos modelos BSC-DREAM8b e SKIRON, utilizados para a identificação dos dias de ocorrência de evento natural, estes não dispõem de informação para esta região, uma vez que nenhum dos domínios disponíveis abrange a RAA. Contudo, verifica-se que os níveis de PM<sub>10</sub> registados no Faial são habitualmente muito reduzidos, sendo que em 2016 esta estação foi a que apresentou a média anual de PM<sub>10</sub> mais baixa no país, de 6 µg/m<sup>3</sup>, e um máximo diário de 15 µg/m<sup>3</sup>, pelo que o acréscimo das poeiras dos desertos nas concentrações não trará impactes muito significativos para a saúde humana.

---

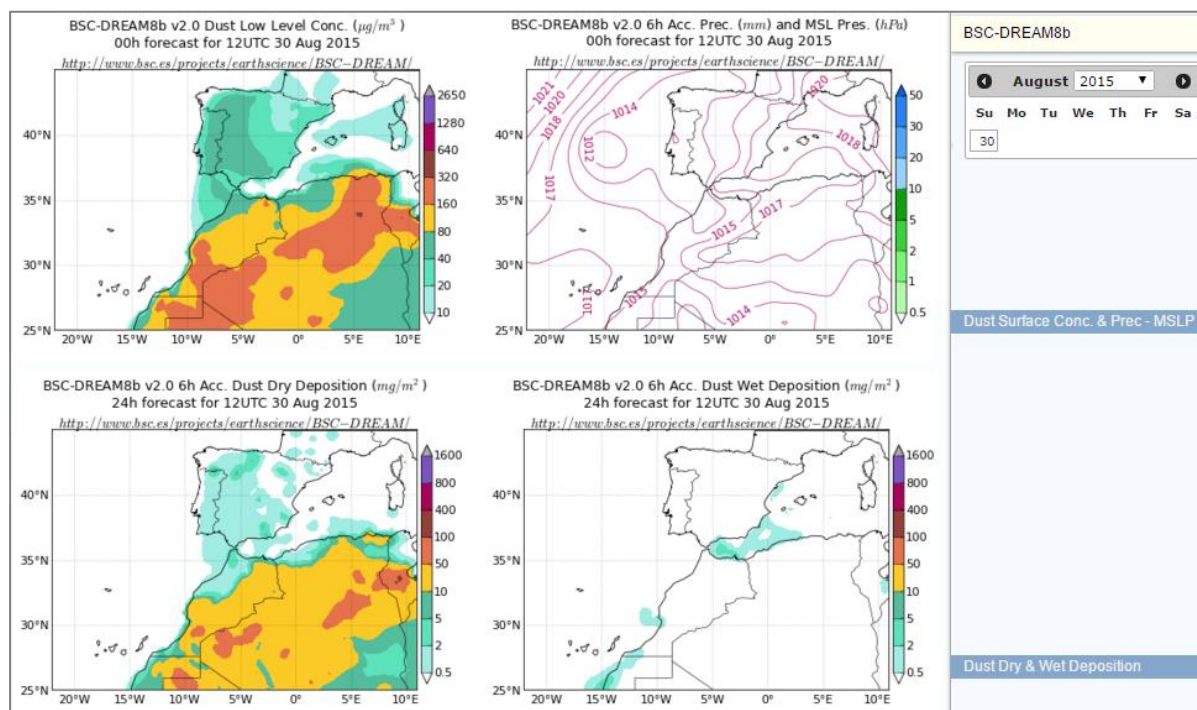
<sup>13</sup> Em 2016 utilizou-se como estação representativa da zona Centro Litoral a de Montemor-o-Velho, já que foi a que apresentou os valores médios de PM<sub>10</sub> mais reduzidos.

## 4 Identificação dos dias de eventos naturais com origem na intrusão de ar proveniente do Norte de África em 2016

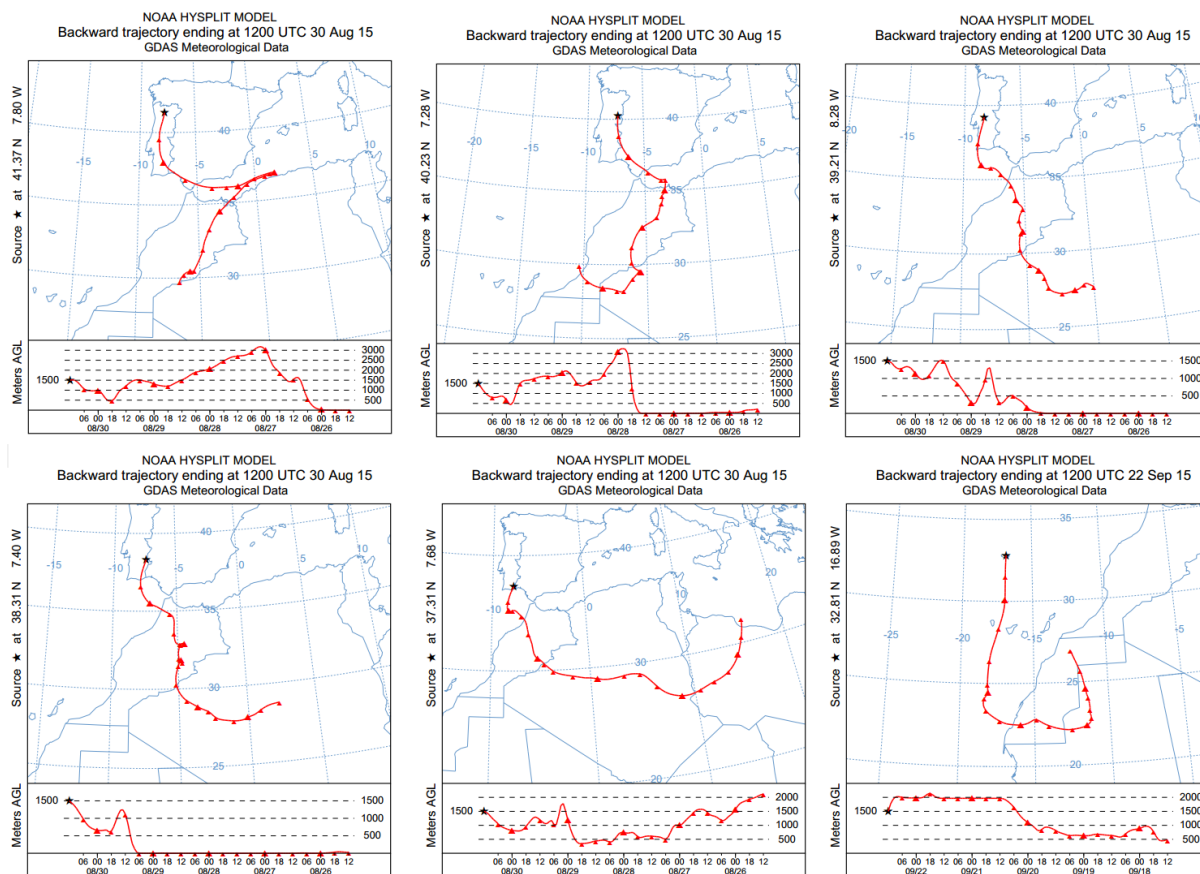
A identificação dos dias de intrusão de poeiras com origem no Norte de África que se apresenta de seguida resulta da análise efetuada recorrendo à informação dada pelos modelos de previsão de poeiras BSC-DREAM8b e SKIRON, de trajetórias HYSPLIT e de verificação das médias diárias de PM<sub>10</sub> medidas nas estações de monitorização da qualidade do ar.

A Figura 6 e a Figura 7 exemplificam o tipo de análise efetuada para a identificação de cada dia de evento natural com influência numa dada região. Na Figura 6 pode observar-se a ocorrência da contribuição de origem natural de PM<sub>10</sub>, representando um acréscimo estimado nas concentrações deste poluente entre 20 µg/m<sup>3</sup> a 80 µg/m<sup>3</sup>. Na Figura 7 pode observar-se o percurso da massa de ar, nos cinco dias anteriores à data em estudo, com origem à superfície de zonas áridas do Norte de África.

Os dias de evento natural assim identificados, para o ano de 2016, resultando de uma análise ainda preliminar, encontram-se agrupados na Tabela 4.



**Figura 6. Exemplo dos elementos que contribuem para a identificação de um dia de evento natural com influência sobre o território nacional (neste caso a 30/08/2015 com o modelo BSC-DREAM: concentrações à superfície, ocorrência de precipitação, deposição seca e deposição húmida)**



**Figura 7. Exemplo dos elementos que contribuem para a identificação de um dia de evento natural com influência sobre o território nacional (neste caso a 30/08/2015 com as retrotrajetórias HYSPLIT para cada uma das estações rurais de fundo representativas das regiões: Douro-Norte, Fundão, Chamusca, Terena, Cerro e Santana)**

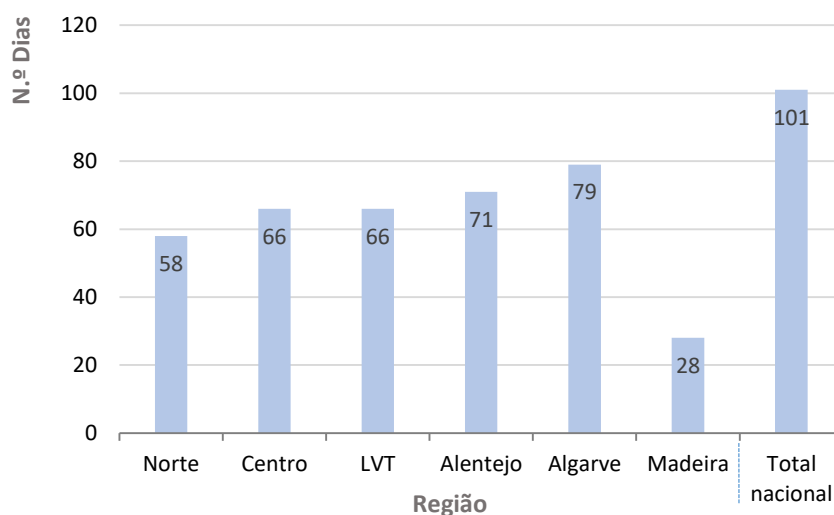
**Tabela 4. Identificação preliminar de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África no ano de 2016 (datas de ocorrência por região)**

Mês	Data	Região de ocorrência de evento natural					
		Norte	Centro	LVT	Alentejo	Algarve	Madeira
Janeiro	24-01-2016	X	X	X	X	X	
	25-01-2016	X	X	X	X	X	X
	26-01-2016	X	X	X	X		X
	27-01-2016	X	X	X			X
Fevereiro	05-02-2016				X	X	
	06-02-2016	X	X	X	X	X	
	21-02-2016	X	X	X	X	X	
	22-02-2016	X	X	X	X	X	
	23-02-2016	X	X	X	X	X	X
	24-02-2016						X
Maio	03-05-2016	X	X	X		X	
	04-05-2016	X	X	X	X	X	
	05-05-2016	X	X	X	X	X	
Junho	08-06-2016	X	X	X	X	X	
	22-06-2016				X	X	
	23-06-2016				X	X	
	26-06-2016			X			
	27-06-2016			X	X	X	
	28-06-2016		X	X	X	X	
	29-06-2016					X	

Mês	Data	Região de ocorrência de evento natural					
		Norte	Centro	LVT	Alentejo	Algarve	Madeira
Julho	03-07-2016	x	x	x	x	x	
	04-07-2016	x	x	x	x	x	
	05-07-2016	x	x	x	x	x	
	06-07-2016	x	x	x	x	x	
	07-07-2016	x	x	x	x	x	
	08-07-2016	x	x	x	x	x	
	09-07-2016		x	x	x	x	
	15-07-2016					x	
	16-07-2016					x	
	17-07-2016				x	x	
	18-07-2016	x	x	x	x	x	
	19-07-2016	x	x	x	x	x	
	20-07-2016	x	x	x	x	x	
	24-07-2016					x	
	25-07-2016					x	
	28-07-2016				x	x	
29-07-2016	x	x	x	x	x		
30-07-2016	x	x	x	x	x		
Agosto	08-08-2016		x	x			
	09-08-2016	x	x	x	x	x	
	10-08-2016	x	x	x	x	x	x
	11-08-2016	x	x	x	x	x	x
	12-08-2016	x	x	x	x	x	x
	13-08-2016	x	x	x	x	x	
	14-08-2016	x	x	x	x	x	
	15-08-2016	x	x	x	x	x	x
	16-08-2016	x	x	x	x	x	
	17-08-2016	x	x	x	x	x	
	18-08-2016						x
	19-08-2016						x
	22-08-2016					x	
	23-08-2016					x	
	25-08-2016		x	x	x	x	
	26-08-2016	x	x	x	x	x	
27-08-2016	x	x	x	x	x		
28-08-2016					x		
Setembro	01-09-2016				x	x	
	02-09-2016		x	x	x	x	
	03-09-2016	x	x	x	x	x	
	04-09-2016	x	x	x	x	x	x
	05-09-2016	x	x	x	x	x	x
	06-09-2016	x	x	x	x	x	x
	07-09-2016	x	x	x	x	x	x
	29-09-2016		x				x
30-09-2016	x	x	x		x	x	
Outubro	01-10-2016				x	x	
	03-10-2016				x		
	04-10-2016	x	x		x	x	
	05-10-2016	x	x		x	x	
	06-10-2016	x	x	x	x	x	
	07-10-2016	x	x				
	08-10-2016	x	x				
	18-10-2016				x		
	19-10-2016		x	x	x	x	
	20-10-2016		x	x	x		
	25-10-2016			x		x	
	26-10-2016	x	x	x	x	x	
	27-10-2016	x	x	x	x	x	x
	28-10-2016	x	x	x	x	x	x
29-10-2016	x	x	x	x	x		
30-10-2016	x	x	x	x			
31-10-2016	x	x	x	x			

Mês	Data	Região de ocorrência de evento natural					
		Norte	Centro	LVT	Alentejo	Algarve	Madeira
Novembro	01-11-2016	x	x	x	x	x	
	02-11-2016	x	x	x	x	x	
	03-11-2016	x	x	x	x	x	
	04-11-2016	x	x	x	x	x	
	30-11-2016					x	
Dezembro	01-12-2016				x	x	
	02-12-2016				x	x	
	03-12-2016					x	
	04-12-2016					x	
	09-12-2016			x	x	x	x
	10-12-2016			x	x	x	x
	11-12-2016	x	x	x	x	x	
	12-12-2016	x	x	x			x
	13-12-2016	x	x	x			x
	27-12-2016						x
	28-12-2016						x
	29-12-2016						x
	30-12-2016						x
	31-12-2016						x
<b>N.º total de dias de evento natural</b>		<b>58</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>71</b>	<b>79</b>	<b>28</b>
Dias de ocorrência de evento natural assinalados com "x"							

Em 2016 identificaram-se, no total, 101 dias de intrusão de massa de ar com origem africana sobre o território de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira. O número de dias com intrusões africanas foi mais elevado nas regiões a Sul decrescendo para as regiões mais a Norte de Portugal Continental (Figura 8), à semelhança de anos anteriores.



**Figura 8. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2016**

Entre 2012 e 2015 ocorreram, em média, 84 dias de evento natural (valor esse mais reduzido face a anos anteriores) e, em 2016, 101 dias, tal como se representa na Figura 9.



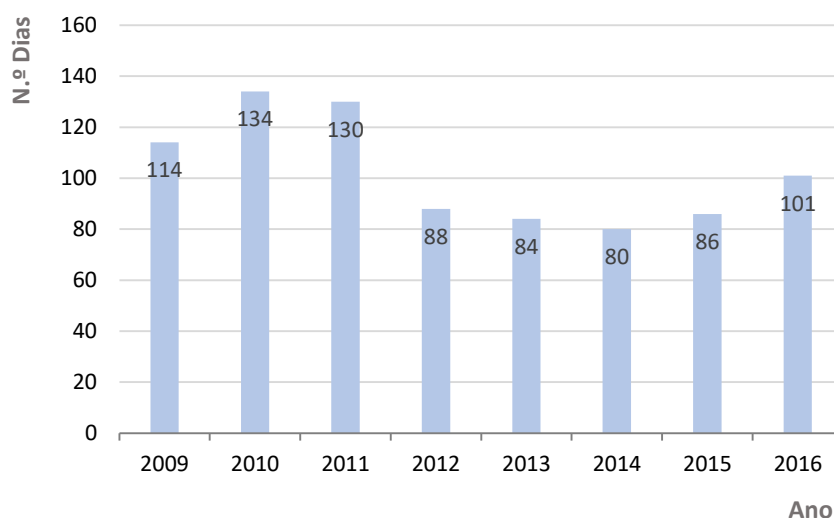


Figura 9. Distribuição do número de dias de evento natural por ano

No que diz respeito à distribuição da ocorrência de eventos naturais por mês do ano apresenta-se a Figura 10. Verifica-se que os meses com maior número de dias com evento natural em 2016 foram os de julho, agosto e outubro. Contrariamente a anos anteriores, em que há uma ocorrência de eventos naturais significativa no período da primavera, em março e abril de 2016 estes não ocorreram. Também de forma pouco habitual, em 2016, no mês de dezembro registaram-se 14 dias de EN (ocorrendo distribuídos por três episódios distintos de cerca de cinco dias de duração).

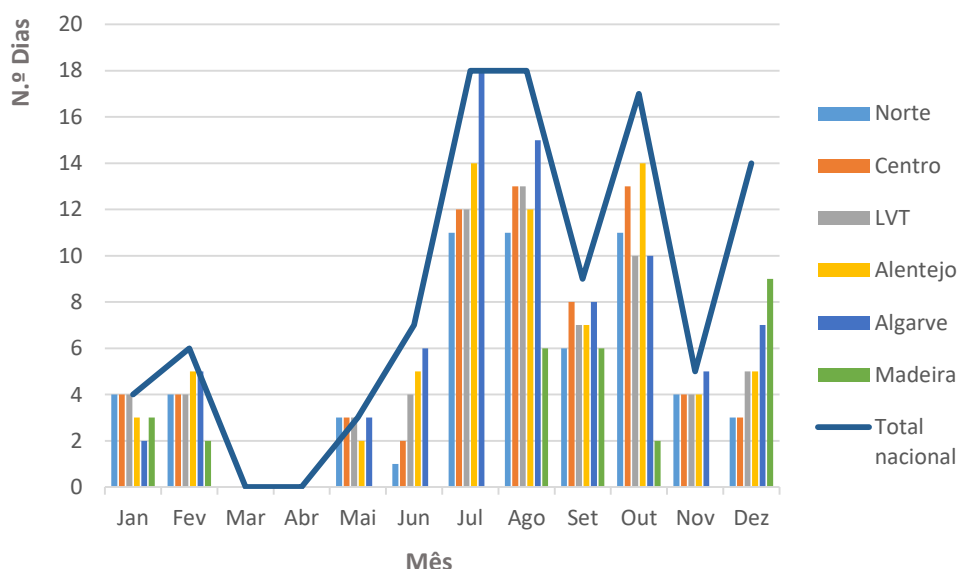
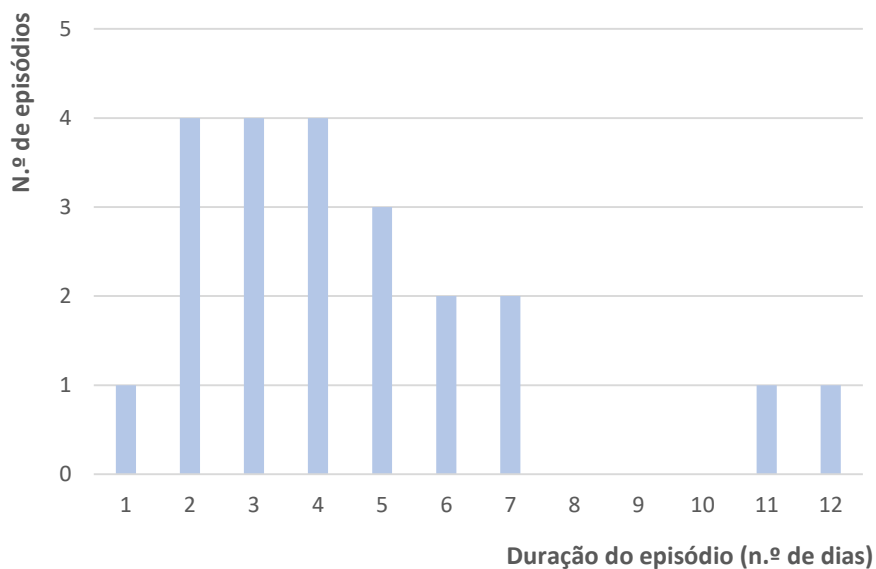


Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2016 (dados preliminares)

Em 2016 a duração média dos episódios de EN foi de 4,6 dias. Neste ano, a duração mais frequente deste tipo de fenómeno natural foi de dois a quatro dias, tal como representa a Figura 11. Os 101 dias de EN ocorreram distribuídos por 22 episódios.



**Figura 11. Distribuição do número de episódios de ocorrência de evento natural de acordo com a sua duração em 2016**

## 5 Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM<sub>10</sub> em 2016

### 5.1 Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2016

A constituição das redes de monitorização da qualidade do ar é regulada pelo Decreto-Lei n.º 102/2010 que estabelece critérios quanto ao número mínimo de analisadores de cada poluente nas zonas e aglomerações. 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.

A Tabela 5 apresenta a eficiência anual das medições de PM<sub>10</sub> nas estações das zonas e aglomerações no ano de 2016.

A eficiência mínima legal (Decreto-Lei n.º 102/2010) a considerar para uma estação com medições em contínuo é de 85%, abaixo desse valor considera-se que as medições são indicativas (assinaladas a vermelho e itálico). Para a análise da conformidade legal são consideradas as estações com esta eficiência mínima. Em termos da análise da influência de eventos naturais nas concentrações de PM<sub>10</sub>, a efetuar de seguida, esta estará mais condicionada pelas falhas nas medições na região Alentejo, onde a estação Rural de Fundo representativa – Terena – apresentou uma eficiência de 55%.

Do total de 61 estações operacionais em 2016 (com medições de PM<sub>10</sub>) em 38 obtiveram-se eficiências iguais ou superiores a 85%, o que representa 62% de estações com uma cobertura anual adequada. A existência de uma tendência de melhoria no aumento da cobertura de dados não é clara, sendo que em algumas regiões a eficiência tem vindo a diminuir e noutras a aumentar.

**Tabela 5. Eficiência anual das medições de partículas PM<sub>10</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2016 (%)**

Região	Zona	Tipo de estação/ Nome da estação/ Abreviatura da estação			Eficiência em 2016		
					Eficiência anual (%)	Número de estações com eficiência >85%	
Norte	Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	96	12 em 17 estações (71%)	
	Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO <sup>R</sup>	93		
	Porto Litoral (a)	T	D.Manuel II-Vermoim		VER		84
			Francisco Sá Carneiro-Campanha		ANT		38
			João Gomes Laranjo-S.Hora		HOR		81
		I	Meco-Perafita		PER		95
			Seara-Matosinhos		SEA		95
		F	Anta-Espinho		AES		90
			Custóias-Matosinhos		CUS		94
			Ermesinde-Valongo		ERM		55
			Leça do Balio-Matosinhos		LEC		10
			Mindelo-Vila do Conde		MVCO		93
	Entre Douro e Minho (a)	T	VNTelha-Maia		VNT		97
			Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor		CRCL		89
		F	Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda		PRD		90
			Frossos-Braga		HORT		99
			Paços de Ferreira		LACT		85

Região	Zona	Tipo de estação/ Nome da estação/ Abreviatura da estação		Eficiência em 2016		
				Eficiência anual (%)	Número de estações com eficiência >85%	
Centro	Centro Litoral	RF	Ervedeira	ERV	90	3 em 9 estações (33%)
			Montemor-o-Velho	MOV <sup>R</sup>	75	
	Centro Interior	RF	Fornelo do Monte	FORN	39	
			Fundão	FUN <sup>R</sup>	78	
	LN Baixo Vouga	I	Estarreja/Teixugueira	TEI	95	
	Coimbra (a)	T	Coimbra/ Avenida Fernão Magalhães	MAG	91	
			Instituto Geofísico de Coimbra	GEO	84	
Aveiro/Ílhavo (a)	F	Aveiro	AVE	75		
		Ílhavo	ILH	10		
Lisboa e Vale do Tejo	OVTPS	RF	Chamusca	CHA <sup>R</sup>	81	16 em 23 estações (70%)
			Fernando Pó	FPO	95	
			Lourinhã	LOR	89	
	AML Norte (a)	T	Avenida da Liberdade	AVL	96	
			Cascais - Escola da Cidadela	CASE	80	
			Cascais-Mercado	CAS	96	
			Entrecampos	ENT	100	
			Odivelas-Ramada	ODI	87	
			Santa Cruz de Benfica	SCB	70	
			Alverca	ALV	99	
		F	Loures-Centro	LOU	18	
			Mem Martins	MEM	30	
			Olivais	OLI	99	
	AML Sul (a)	I	Quinta do Marquês	MARQ	98	
			Reboleira	REB	90	
			Restelo	REST	96	
		F	Escavadeira	ESCII	96	
Lavradio			LAV	98		
Setúbal (a)	F	Paio Pires	PP	58		
		Fidalguinhos	FID	89		
		Laranjeiro	LAR	4		
Alentejo	Alentejo Litoral	I	Quebedo	QUE	94	4 em 5 estações (80%)
			Monte Chãos	MCH	8	
			Santiago do Cacém	SCA	98	
	Sonega	SON	90			
	Alentejo Interior	RF	Monte Velho	MVE	88	
Algarve	Algarve	RF	Terena	TER <sup>R</sup>	55	2 em 4 estações (50%)
			Cerro	CER <sup>R</sup>	98	
	Aglomeração Sul (a)	F	David Neto	DVN	71	
			Joaquim Magalhães	EJM	10	
Madeira	Madeira/Porto Santo	RF	Malpique	MAL	96	1 em 3 estações (33%)
			Santana	SAN <sup>R</sup>	83	
	Funchal (a)	F	São João	SJO	96	
São Gonçalo	SGO		67			

(a) A Zona é uma Aglomeração; T: Tráfego; I: Industrial; F: Fundo; RF: Rural de Fundo; <sup>R</sup>: Estação rural de fundo representativa da região ou zona; LN Baixo Vouga: Litoral Noroeste do Baixo Vouga; OVTPS: Oeste Vale do tejo e Península de Setúbal;   Eficiência anual inferior a 85%.

## 5.2 Influência dos eventos naturais nas excedências aos valores limite de PM<sub>10</sub>

Os resultados da aplicação da metodologia de desconto da contribuição devida a eventos naturais (de intrusão de ar proveniente de regiões áridas) para a concentração média diária e anual de PM<sub>10</sub>, em 2016, apresentam-se na Tabela 6, na Tabela 7, na Figura 12 e na Figura 13.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, o número de ultrapassagens ao valor limite diário (VLD) de PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) permitido, por ano, é de 35 e o valor limite anual (VLA) de PM<sub>10</sub> é de 40 µg/m<sup>3</sup> (tal como descrito no ponto 2.2. *Enquadramento legislativo*). Na Tabela 6 indica-se o número de dias em excedência ao valor limite, registado em cada estação, e o número de dias em excedência resultante da aplicação do desconto devido à contribuição de cada evento natural. Na Tabela 7 indica-se a média anual em cada estação de monitorização da qualidade do ar antes e após a aplicação do desconto da contribuição de partículas com origem natural.

Através dos resultados obtidos verifica-se que, das 61 estações analisadas, não ocorreu nenhuma situação de inconformidade ao VLD de PM<sub>10</sub>, ou seja, não houve ultrapassagens ao VLD em mais de 35 dias do ano de 2016. Também em relação ao VLA não ocorreram ultrapassagens a este parâmetro.

Após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição de eventos naturais obteve-se uma redução do número de ultrapassagens diárias ao VLD entre 0 e 15 e uma redução na média anual que variou entre 0,4 e 3,8 µg/m<sup>3</sup>. A contribuição média da fração natural para a média anual das estações foi de 12% (percentagem esta que tem oscilado de forma significativa ao longo dos anos).

Numa avaliação global, em 2016, verifica-se que antes da aplicação da metodologia de desconto de eventos naturais nenhuma das zonas ou aglomerações se encontra em situação de ultrapassagem efetiva a nenhum dos valores limite de PM<sub>10</sub> legislados (diário e anual), o que representa uma melhoria significativa e uma situação inédita no que diz respeito à conformidade legal deste poluente. O ano de 2016, apesar de ter tido o maior número de dias de ocorrência de eventos naturais dos últimos cinco anos, não foi aquele com as concentrações mais elevadas.

**Tabela 6. Verificação da situação de excedência ao valor limite diário de PM<sub>10</sub> antes e após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição devida a eventos naturais, em 2016**

Zona	Tipo/ Nome da estação	Efic. (%)	Dias>VL		Redução nos Dias>VL		
			Antes do desconto EN (Nº.)	Após desconto EN (Nº.)	(Nº.)	(%)	
<b>Região Norte</b>							
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	96	8	0	8	100
Norte Interior	RF	Douro Norte	93	6	0	6	100
Porto Litoral (a)	T	D.Manuel II-Vermoim	84	8	2	6	75
		Francisco Sá Carneiro-Campanha	38	0	0	0	0
		João Gomes Laranjo-S.Hora	81	9	0	9	100
	I	Meco-Perafita	95	20	7	13	65
		Seara-Matosinhos	95	6	0	6	100
	F	Anta-Espinho	90	7	1	6	86
		Custóias-Matosinhos	94	21	16	5	24
		Ermesinde-Valongo	55	6	3	3	50
		Leça do Balio-Matosinhos	10	0	0	0	0
		Mindelo-Vila do Conde	93	8	1	7	88
Entre Douro e Minho (a)	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	89	0	0	0	0
		Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda	90	2	0	2	100
	F	Frossos-Braga	99	11	8	3	27
		Paços de Ferreira	85	3	0	3	100
<b>Região Centro</b>							
Centro Litoral	RF	Ervedeira	90	5	4	1	20
		Montemor-o-Velho	75	1	0	1	100
Centro Interior	RF	Fornelo do Monte	39	1	0	1	100
		Fundão	78	0	0	0	0
Litoral Noroeste do Baixo Vouga	I	Estarreja/Teixugueira	95	4	0	4	100
Coimbra (a)	T	Coimbra/ Avenida Fernão Magalhães	91	1	1	0	0
	F	Instituto Geofísico de Coimbra	84	7	6	1	14
Aveiro/Ílhavo (a)	T	Aveiro	75	7	3	4	57
	F	Ílhavo	10	0	0	0	0
<b>Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>							
OVTPS	RF	Chamusca	81	6	0	6	100
		Fernando Pó	95	0	0	0	0
		Lourinhã	89	2	1	1	50
AML Norte (a)	T	Avenida da Liberdade	96	16	5	11	69
		Cascais - Escola da Cidadela	80	6	0	6	100
		Cascais-Mercado	96	8	0	8	100
		Entrecampos	100	9	1	8	89
		Odivelas-Ramada	87	3	3	0	0
		Santa Cruz de Benfica	70	4	2	2	50
	F	Alverca	99	8	1	7	88
		Loures-Centro	18	1	0	1	100
		Mem Martins	30	0	0	0	0
		Olivais	99	5	4	1	20
AML Sul (a)	I	Quinta do Marquês	98	10	0	10	100
		Reboleira	90	0	0	0	0
		Restelo	96	6	4	2	33
	F	Escavadeira	96	8	1	7	88
		Lavradio	98	7	0	7	100
Setúbal (a)	T	Paio Pires	58	2	0	2	100
	F	Fidalguinhos	89	7	3	4	57
Setúbal (a)	T	Laranjeiro	4	0	0	0	0
	F	Quebedo	94	5	1	4	80
Setúbal (a)	F	Arcos	89	25	10	15	60
<b>Região Alentejo</b>							
Alentejo Litoral	RF	Monte Velho	88	3	0	3	100
		Monte Chãos	98	4	0	4	100
	I	Santiago do Cacém	98	15	3	12	80
		Sonega	90	20	9	11	55

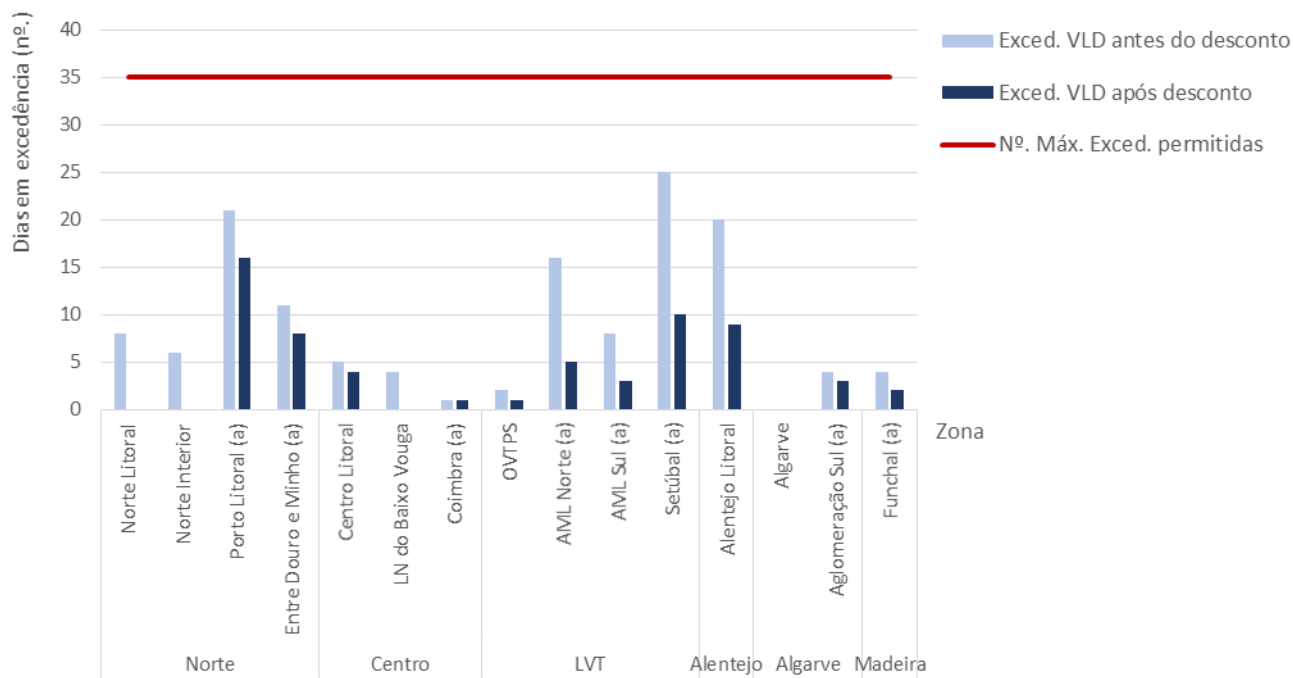
Zona	Tipo/ Nome da estação		Efic. (%)	Dias>VL		Redução nos Dias>VL	
				Antes do desconto EN (Nº.)	Após desconto EN (Nº.)	(Nº.)	(%)
Alentejo Interior	RF	Terena	55	3	0	3	100
<b>Região Algarve</b>							
Algarve	RF	Cerro	98	0	0	0	0
Aglomeracão Sul (a)	T	David Neto	71	17	12	5	29
	F	Joaquim Magalhães	10	0	0	0	0
		Malpique	96	4	3	1	25
<b>Região da Madeira</b>							
Madeira/ Porto Santo	RF	Santana	83	2	1	1	50
Funchal (a)	T	São João	96	4	2	2	50
	F	São Gonçalo	67	5	2	3	60
<b>Legenda:</b>							
<b>Zona (a)</b> – A zona é uma aglomeração; <b>Tipo de estação:</b> T-Tráfego, I-Industrial, F-Fundo; RF-Rural de Fundo; <b>OVTPS</b> – Oeste Vale do Tejo e Península de Setúbal; <b>Efic.</b> – Eficiência anual; <b>Dias&gt;VL</b> – N.º de dias em excedência ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> ; <b>Dias&gt;VL após desconto EN</b> – N.º de dias em excedência ao valor limite diário de PM <sub>10</sub> após a aplicação do desconto devido a Eventos Naturais; <b>Redução nos Dias&gt;VL</b> – N.º e % de redução de dias em excedência ao valor limite de PM <sub>10</sub> após o desconto devido a Eventos Naturais.							

**Tabela 7. Verificação da situação de excedência ao valor-limite anual de PM<sub>10</sub> antes e após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição devida a eventos naturais, em 2015**

Zona	Tipo/ Nome da estação		Efic. (%)	Média anual		Redução na média anual	
				Antes do desconto EN (µg/m³)	Após desconto EN (µg/m³)	(µg/m³)	(%)
<b>Região Norte</b>							
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	96	18	16	2.3	13
Norte Interior	RF	Douro Norte	93	18	16	2.1	12
Porto Litoral (a)	T	D.Manuel II-Vermoim	84	24	22	1.9	8
		Francisco Sá Carneiro-Campanha	38	19	17	2.5	13
		João Gomes Laranjo-S.Hora	81	23	21	2.1	9
	I	Meco-Perafita	95	29	27	2.5	8
		Seara-Matosinhos	95	15	13	2.1	14
	F	Anta-Espinho	90	19	16	2.4	13
		Custóias-Matosinhos	94	24	22	2.0	9
		Ermesinde-Valongo	55	22	19	2.8	13
		Leça do Balio-Matosinhos	10	14	13	0.7	5
		Mindelo-Vila do Conde	93	23	20	2.5	11
		VNTelha-Maia	97	19	17	2.4	13
Entre Douro e Minho (a)	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	89	17	15	1.2	7
		Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda	90	15	13	1.5	10
	F	Frossos-Braga	99	20	18	1.9	10
		Paços de Ferreira	85	16	14	1.4	9
<b>Região Centro</b>							
Centro Litoral	RF	Ervedeira	90	17	16	1.4	8
		Montemor-o-Velho	75	11	9	1.7	16
Centro Interior	RF	Fornelo do Monte	39	16	15	0.8	5
		Fundão	78	16	15	1.6	10
Litoral Noroeste do Baixo Vouga	I	Estarreja/Teixugueira	95	15	13	1.7	12
Coimbra (a)	T	Coimbra/ Avenida Fernão Magalhães	91	12	11	1.5	12
	F	Instituto Geofísico de Coimbra	84	18	16	1.4	8
Aveiro/Ílhavo (a)	T	Aveiro	75	16	15	1.4	8
	F	Ílhavo	10	22	21	1.1	5
<b>Região de Lisboa e Vale do Tejo</b>							
OVTPS	RF	Chamusca	81	22	19	3.4	15
		Fernando Pó	95	15	13	1.3	9
		Lourinhã	89	14	12	2.3	16
AML Norte (a)	T	Avenida da Liberdade	96	25	22	3.2	13
		Cascais - Escola da Cidadela	80	21	18	3.4	16

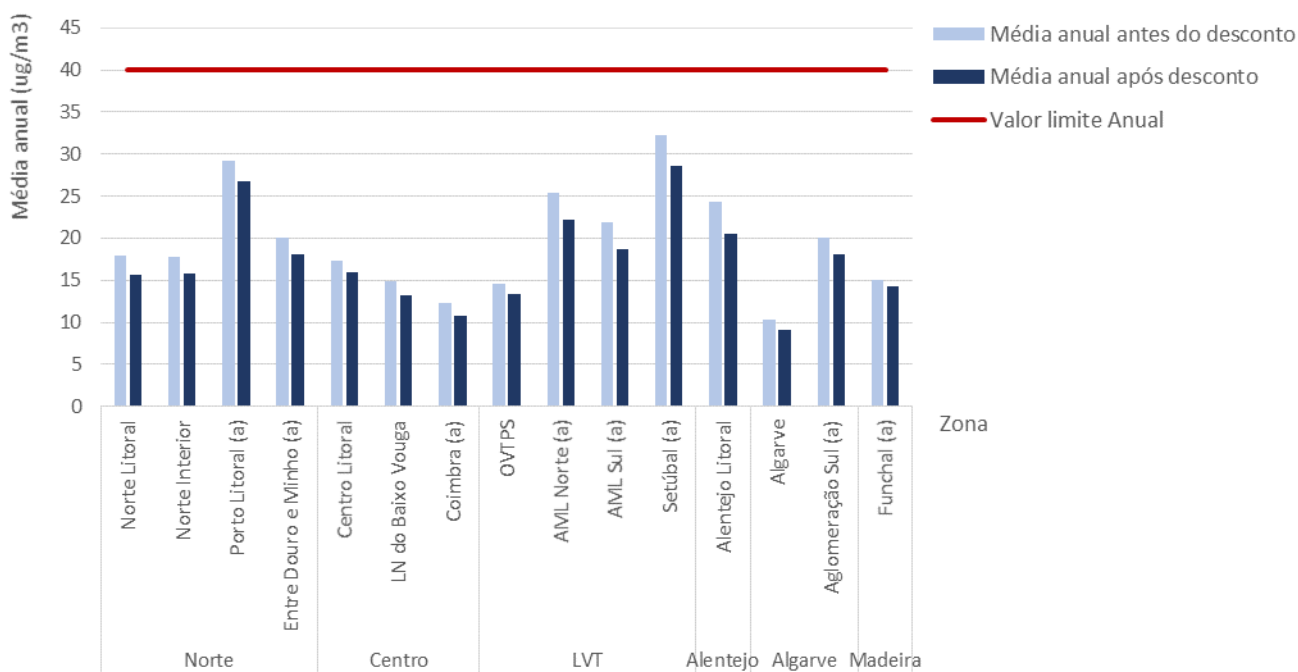
Zona	Tipo/ Nome da estação		Efic. (%)	Média anual		Redução na média anual	
				Antes do desconto EN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Após desconto EN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(%)
		Cascais-Mercado	96	20	17	3.1	16
		Entrecampos	100	21	18	3.1	15
		Odivelas-Ramada	87	16	14	2.2	14
		Santa Cruz de Benfica	70	14	11	2.3	17
	F	Alverca	99	17	14	3.1	19
		Loures-Centro	18	24	23	1.5	6
		Mem Martins	30	19	17	1.3	7
		Olivais	99	17	15	1.8	11
		Quinta do Marquês	98	22	18	3.4	15
		Reboleira	90	6	6	0.4	7
AML Sul (a)	I	Restelo	96	19	17	2.3	12
		Escavadeira	96	22	19	3.2	14
		Lavradio	98	15	12	2.8	19
	F	Paio Pires	58	12	11	1.6	13
		Fidalguinhos	89	12	10	2.2	19
Setúbal (a)	T	Laranjeiro	4	27	27	0.0	0
	F	Quebedo	94	14	11	2.3	17
		Arcos	89	32	29	3.6	11
<b>Região Alentejo</b>							
Alentejo Litoral	RF	Monte Velho	88	19	17	2	10
	I	Monte Chãos	98	16	14	2	15
		Santiago do Cacém	98	23	21	3	11
		Sonoga	90	24	21	4	16
Alentejo Interior	RF	Terena	55	23	20	2.4	10
<b>Região Algarve</b>							
Algarve	RF	Cerro	98	10	9	1	11
Aglomeracão Sul (a)	T	David Neto	71	25	23	2.1	8
	F	Joaquim Magalhães	10	11	11	0.4	4
		Malpique	96	20	18	2	10
<b>Região da Madeira</b>							
Madeira/Porto Santo	RF	Santana	83	18	17	1.0	6
Funchal (a)	T	São João	96	15	14	1	5
	F	São Gonçalo	67	22	21	1.0	4
<b>Legenda:</b>							
<b>Zona (a)</b> – A zona é uma aglomeração; <b>Tipo de estação:</b> T-Tráfego, I-Industrial, F-Fundo; <b>RF</b> -Rural de Fundo; <b>OVTPS</b> – Oeste Vale do Tejo e Península de Setúbal; <b>Efic.</b> – Eficiência anual; <b>Média Anual após desconto EN</b> – média anual após aplicação dos descontos diários devido a Evento Natural para avaliação da situação de excedência ao valor-limite anual de $\text{PM}_{10}$ ; <b>Redução na média anual</b> – redução da média anual após o desconto devido a Eventos Naturais.							





(a) A zona é uma aglomeração VLD - Valor Limite Diário

**Figura 12. Número máximo de excedências ao valor limite diário de PM<sub>10</sub>, por zona, antes e após o desconto da fração devida a evento natural, em 2016**



(a) A zona é uma aglomeração

**Figura 13. Máximo da média anual de PM<sub>10</sub>, por zona, antes e após o desconto da fração devida a evento natural, em 2016**

## 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 ( $PM_{10}$ ) à superfície, podendo 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  $PM_{10}$ .

A identificação dos dias de evento natural no ano de 2016 teve em conta a informação dada pelos modelos BSC-DREAM8b, SKIRON, HYSPLIT, bem como, pelas concentrações de  $PM_{10}$  medidas nas estações de monitorização da qualidade do ar.

Relativamente aos dias de ocorrência de eventos naturais, em 2016, apuraram-se 101 dias com intrusões africanas representando 28% do ano, o que se encontra acima do verificado nos quatro anos anteriores (com uma média de ocorrência anual de 23%). Os 101 dias de eventos naturais ocorreram distribuídos em 22 episódios, sendo a sua duração mais frequente de dois a quatro dias.

No que diz respeito à distribuição da ocorrência de eventos naturais por mês verificou-se que 2016 foi um ano atípico, manifestando poucas ocorrências no período de primavera e mais ocorrências do que o habitual no período de inverno. Os meses com maior número de dias com evento natural foram os de julho, agosto e outubro.

Em relação à avaliação da contribuição dos eventos naturais nas concentrações de  $PM_{10}$ , após a aplicação da metodologia de desconto, verificou-se que a contribuição da fração natural para a média anual das estações foi em média de 12%.

Em termos da conformidade legal verificou-se que, antes da aplicação da metodologia de desconto de eventos naturais, nenhuma das zonas ou aglomerações se encontrava em situação de ultrapassagem efetiva a nenhum dos valores limite de  $PM_{10}$  legislados (diário e anual), o que representa uma melhoria significativa e uma situação inédita no que diz respeito à conformidade legal deste poluente face a anos anteriores. O ano de 2016, apesar de ter tido o maior número de dias de ocorrência de eventos naturais dos últimos cinco anos, não foi aquele com as concentrações de partículas em suspensão mais elevadas.

## 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.

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., (Revised 2010), *PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE EPISODIOS NATURALES DE PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2,5</sub>, Y LA DEMOSTRACIÓN DE CAUSA EN LO REFERENTE A LAS SUPERACIONES DEL VALOR LÍMITE DIARIO DE PM<sub>10</sub>*. 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.

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.