



Candidatura NORTE 2015

PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Eixo Prioritário I
Governança e Capacitação Institucional

NORTE - 07-0927-FEDER-000137

NORTE 2015

Ação 3



Ambiente e
Ordenamento do Território

Elaboração de Plano de Qualidade do Ar de Ozono da Região Norte

2014.12.15



Equipa Técnica

A equipa técnica envolvida na concretização deste projecto é constituída pelos seguintes elementos:

- Carlos Borrego (Coordenador, Professor Catedrático no Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, DAO-UA)
- Ana Isabel Miranda (Professora Catedrática, DAO-UA)
- Alexandra Monteiro (Doutora em Ciências Aplicadas ao Ambiente, DAO-UA)
- Joana Ferreira (Doutora em Ciências Aplicadas ao Ambiente, DAO-UA)
- Ana Patrícia Fernandes (Mestre em Engenharia do Ambiente, DAO-UA)
- Helder Relvas (Mestre em Engenharia do Ambiente, DAO-UA)
- Sandra Rafael (Mestre em Engenharia do Ambiente, DAO-UA)



Índice

| | |
|---|-----|
| Introdução | 4 |
| Identificação e análise de excedências de ozono | 6 |
| Seleção dos episódios de estudo | 9 |
| Modelação da qualidade do ar | 13 |
| Identificação de medidas de melhoria da qualidade do ar | 28 |
| Referências | 31 |
| Anexos | 312 |



Introdução

Nas últimas décadas, graças a políticas europeias e internacionais eficazes, foi possível atenuar algumas situações críticas de poluição atmosférica. Apesar destes progressos, a UE ainda está aquém do seu objetivo de longo prazo de melhorar a qualidade do ar de modo a que esta deixe de representar um risco para a saúde e o ambiente. De facto, as partículas finas em suspensão e o ozono troposférico continuam a causar graves problemas.

Recentemente, a Comissão decidiu modernizar e aperfeiçoar a política europeia em matéria de qualidade do ar, no âmbito da qual as normas em vigor devem ser aplicadas de forma mais rigorosa e tendo sido aprovados novos objetivos e medidas para proteger a saúde e o ambiente. A Comissão adotou em dezembro de 2013 um conjunto de medidas para melhorar a qualidade do ar, que atualiza a legislação em vigor e reduz ainda mais as emissões das instalações industriais, do tráfego, das centrais de produção de energia e da agricultura, assim como o seu impacto na saúde humana e no ambiente. No âmbito da nova política em matéria de qualidade do ar, estão a ser levadas a cabo iniciativas para: (i) garantir a plena conformidade com a legislação relativa à qualidade do ar em vigor até 2020, (ii) conseguir reduções mais significativas até 2030, com vista a atingir o objetivo a longo prazo da UE de garantir um ar limpo e seguro para todos.

A Diretiva Quadro da Qualidade do Ar (DC 2008/50/CE), transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, relativamente ao poluente ozono, estabelece que: “Nas zonas e aglomerações onde seja excedido o valor alvo para o ozono, deve ser assegurada, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 193/2003, de 22 agosto, a aplicação do Programa para os Tetos de Emissão Nacionais e, se necessária, a aplicação de um plano da qualidade do ar, a fim de atingir os valores alvo, exceto quando tal só for exequível através de medidas que impliquem custos desproporcionados, de modo a assegurar o cumprimento do valor alvo na data fixada.” No ponto 4 do artigo 23.º refere ainda que “Sempre que os níveis de ozono sejam superiores aos objetivos a longo prazo mas inferiores ou iguais ao valor alvo, as



CCDR em cuja área de jurisdição se verifique a ocorrência das excedências adotam medidas com uma boa relação custo eficácia para atingir os objetivos a longo prazo”.

O ozono é um poluente secundário, os seus níveis na atmosfera dependem não só da emissão dos seus precursores, como também de processos de transporte e transformação química. Assim, a definição de uma estratégia de melhoria da qualidade do ar relativa a este poluente é exigente, uma vez que a aplicação de medidas de redução de emissões dos seus precursores (ex. NOx e COV) não tem um impacto direto na redução das concentrações deste poluente no ar ambiente.

Devido à situação de incumprimento do valor alvo do ozono para a protecção da saúde humana, que ocorre desde 2010, foi estabelecido um contrato de aquisição de serviços entre a CCDR-Norte e a Universidade de Aveiro (UA) no sentido de proceder à “Elaboração de um plano de qualidade do ar para o Ozono na Região Norte”. Este relatório visa descrever e apresentar o trabalho realizado, dando resposta aos seguintes objetivos:

- Identificar as possíveis excedências ao valor alvo e objetivo de longo prazo para o ozono durante o período de 2010 a 2013 na região norte, área de jurisdição da CCDR-Norte;
- Caracterizar a origem da poluição por ozono, analisando os fatores responsáveis pelas excedências (fontes de emissões dos precursores responsáveis, formação do poluente secundário na atmosfera, transporte atmosférico metropolitano, regional e transfronteiriço);
- Identificar possíveis medidas de melhoria da qualidade do ar e estimar o seu efeito.



Identificação e análise de excedências de ozono

A análise das concentrações de ozono registadas nas estações de monitorização de qualidade do ar da região norte durante o período de 2010 a 2013 permitiu a identificação de excedências ao valor alvo e objetivos de longo prazo. Foram selecionados os principais episódios com excedências de ozono para posterior simulação numérica (Tarefa 4).

Na Figura 1 apresentam-se as ultrapassagens ao Valor Alvo (VA) para a proteção da saúde humana, nas várias estações da Região Norte, para os dois períodos de tempo de 3 anos consecutivos desde 2010: 2010-2012; 2011-2013.

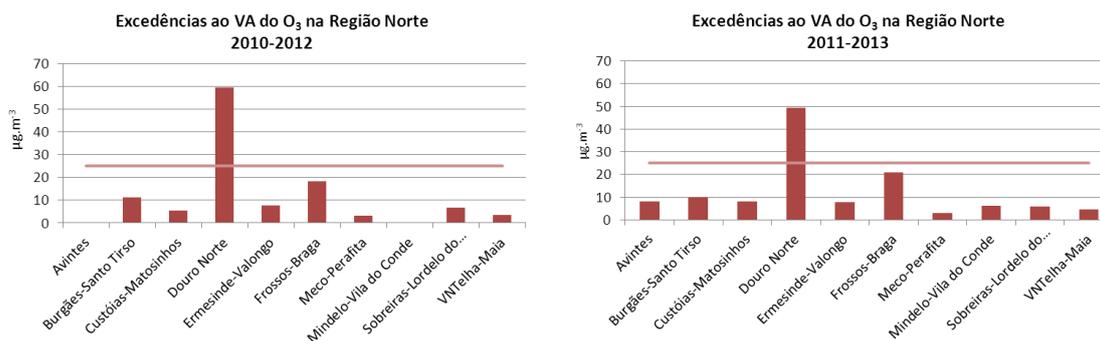


Figura 1. Excedências ao VA registadas nas estações de monitorização da Região Norte nos períodos de 3 anos consecutivos 2010-2012 e 2011-2013.

Verifica-se que, apesar de existirem ultrapassagens ao VA na maioria das estações de monitorização da Região Norte, o número máximo de excedências permitidas pela legislação (25) apenas é ultrapassado na estação Douro Norte, o que se verifica em ambos os períodos de 3 anos consecutivos analisados. O VA é ultrapassado em cerca de 60 dias em 2010-2012 e perto de 50 dias entre 2011-2013.

De forma a melhor identificar os episódios de poluição fotoquímica mais relevantes registados na estação Douro Norte, apresentam-se na Figura 2, por ano, os máximos diários das médias octo-horárias ocorridos nesta estação acima do VA ($120 \mu\text{g.m}^{-3}$), juntamente com o número de estações em ultrapassagem deste valor.

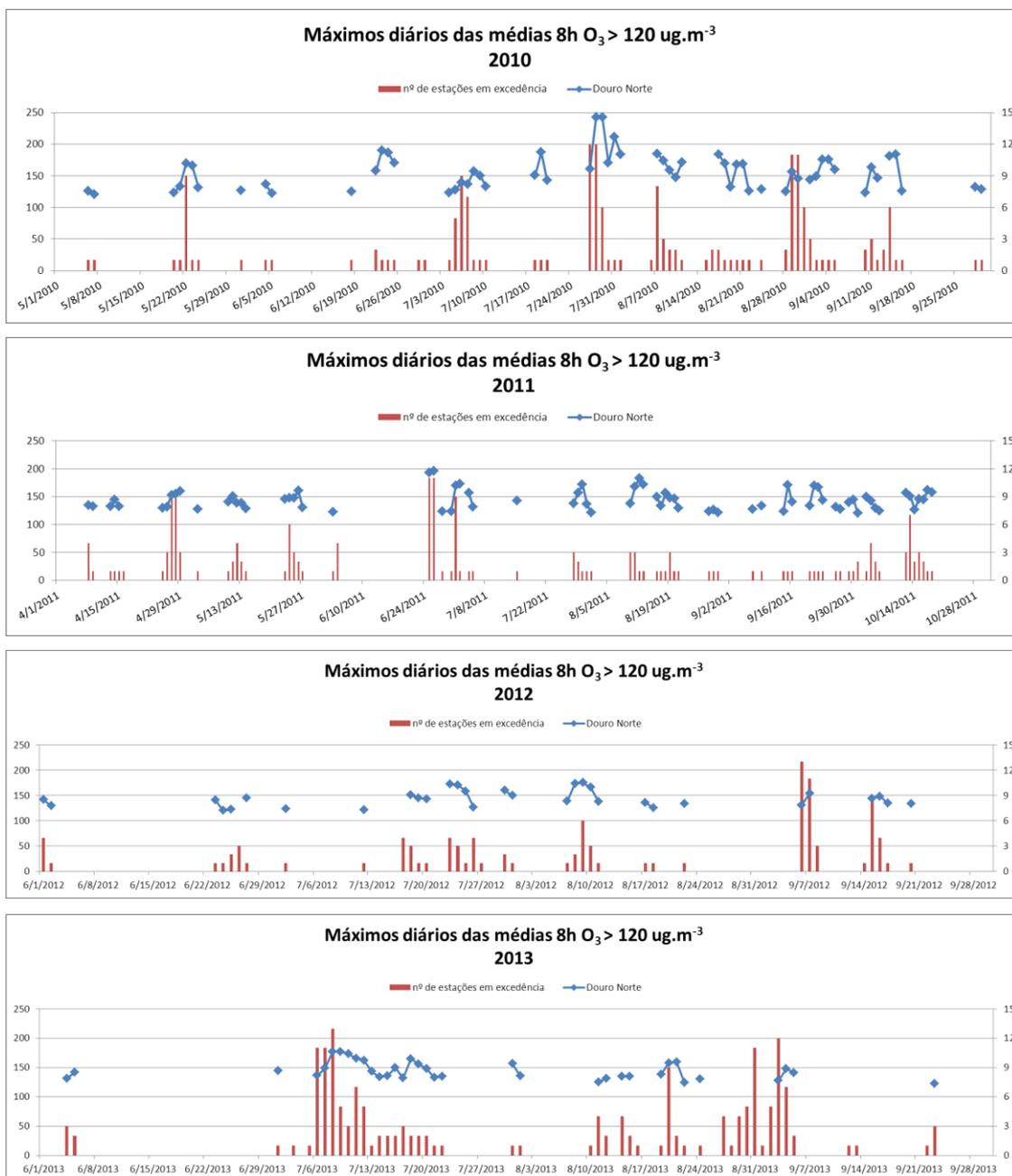


Figura 2. Máximos diários das médias de 8h superiores a 120 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (VA) registados na estação de Douro Norte (linha azul) e o número de estações em que ocorreram excedências ao VA simultaneamente (barras a vermelho).



Verifica-se pela Figura 2 que, em todos os anos analisados, foi na estação Douro Norte que se registaram os valores máximos diários das médias 8h superiores a $120 \mu\text{g.m}^{-3}$, no período compreendido entre abril e setembro de cada ano. Em 2010 registaram-se os valores máximos mais elevados (superiores a $200 \mu\text{g.m}^{-3}$) no mês de julho, mas foi em 2011 que ocorreu o maior número de episódios (conjunto de dias seguidos com valores máximos superiores ao VA). O episódio mais longo foi registado em julho de 2013, tendo-se verificado ultrapassagens ao VA durante 17 dias consecutivos.

De modo a encontrar os episódios de ozono mais significativos e relevantes para a simulação numérica da qualidade do ar, definiram-se os seguintes critérios de selecção:

- 3 dias seguidos de ultrapassagens ao VA
- registo de máximos diários superiores a $200 \mu\text{g.m}^{-3}$
- registo de ultrapassagens em outras estações de monitorização, num número mínimo de 5 estações diferentes

A aplicação destes critérios resultou na identificação de um conjunto total de 61 dias, agrupados em 8 episódios distintos (que compreendem entre 3 a 17 dias), tal como identificado na Tabela 1.

Tabela 1. Episódios (e respectivos dias) em que se registaram ultrapassagem ao VA seleccionados de acordo com os critérios definidos.

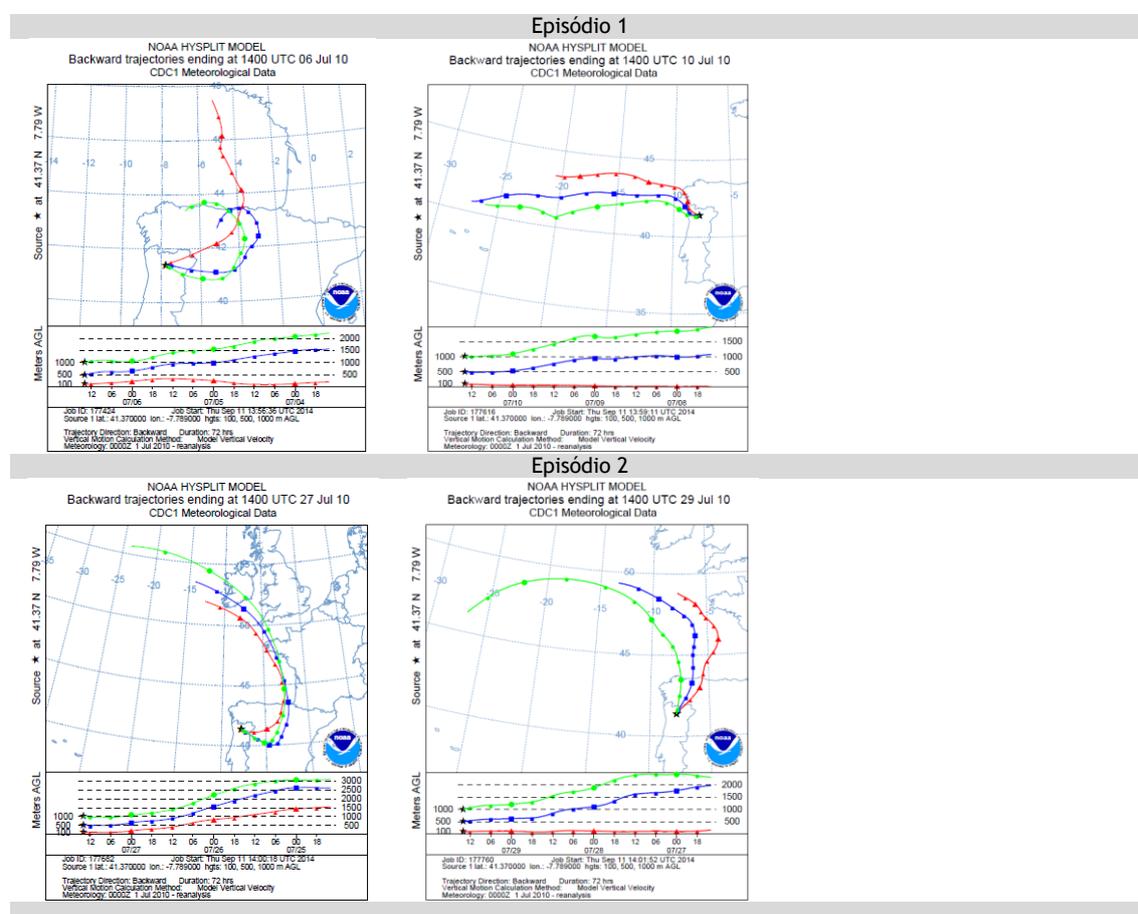
| Episódio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total dias |
|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
| nº dias | 7 | 6 | 5 | 5 | 8 | 3 | 17 | 10 | 61 |
| | 7/4/2010 | 7/27/2010 | 9/1/2010 | 4/25/2011 | 6/25/2011 | 9/6/2012 | 7/6/2013 | 8/27/2013 | |
| | 7/5/2010 | 7/28/2010 | 9/2/2010 | 4/26/2011 | 6/26/2011 | 9/7/2012 | 7/7/2013 | 8/28/2013 | |
| | 7/6/2010 | 7/29/2010 | 9/3/2010 | 4/27/2011 | 6/27/2011 | 9/8/2012 | 7/8/2013 | 8/29/2013 | |
| | 7/7/2010 | 7/30/2010 | 9/4/2010 | 4/28/2011 | 6/28/2011 | | 7/9/2013 | 8/30/2013 | |
| | 7/8/2010 | 7/31/2010 | 9/5/2010 | 4/29/2011 | 6/29/2011 | | 7/10/2013 | 8/31/2013 | |
| | 7/9/2010 | 8/1/2010 | | | 6/30/2011 | | 7/11/2013 | 9/1/2013 | |
| | 7/10/2010 | | | | 7/1/2011 | | 7/12/2013 | 9/2/2013 | |
| | | | | | 7/2/2011 | | 7/13/2013 | 9/3/2013 | |
| | | | | | | | 7/14/2013 | 9/4/2013 | |
| | | | | | | | 7/15/2013 | 9/5/2013 | |
| | | | | | | | 7/16/2013 | | |
| | | | | | | | 7/17/2013 | | |
| | | | | | | | 7/18/2013 | | |
| | | | | | | | 7/19/2013 | | |
| | | | | | | | 7/20/2013 | | |
| | | | | | | | 7/21/2013 | | |
| | | | | | | | 7/22/2013 | | |



Seleção dos episódios de estudo

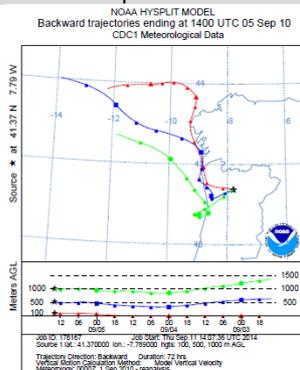
Os dias com excedência de ozono identificados na secção anterior foram analisados em detalhe em termos de padrão sinóptico e origem das massas de ar por análise de retrotrajetórias obtidas pela aplicação do modelo HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model) desenvolvido pela NOAA-ARL (National Oceanic and Atmospheric Administration Air Resources Laboratory) (Draxler and Hess, 1998; Draxler and Hess, 1997; <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>).

Os resultados apresentados na Figura 3 mostram algumas das retrotrajetórias associadas a cada um dos 8 episódios seleccionados, onde se identificam padrões de circulação sinóptica e origem das massas de ar diferentes. Os resultados das retrotrajetórias obtidas com o modelo HYSPLIT para os restantes dias dos episódios estão apresentados no Anexo I.

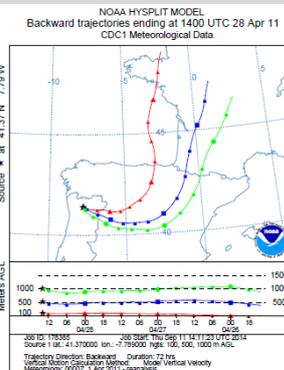
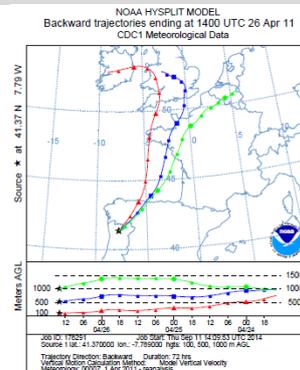




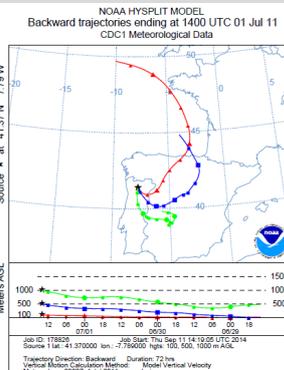
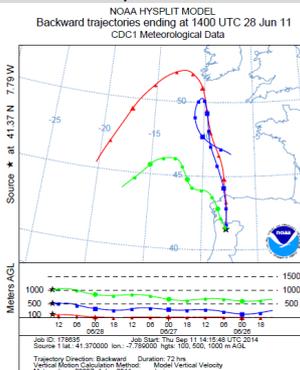
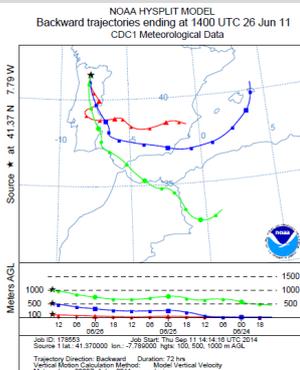
Episódio 3



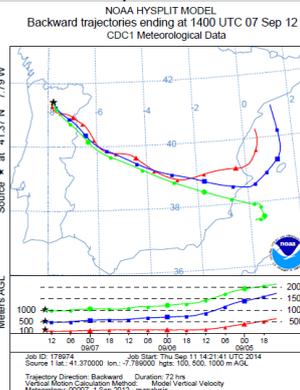
Episódio 4



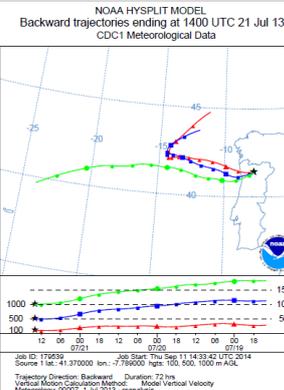
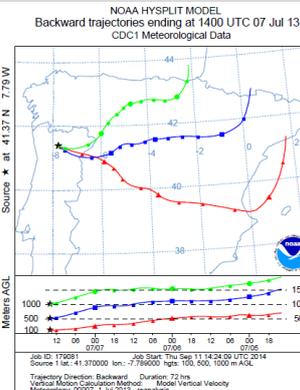
Episódio 5



Episódio 6



Episódio 7



Episódio 8

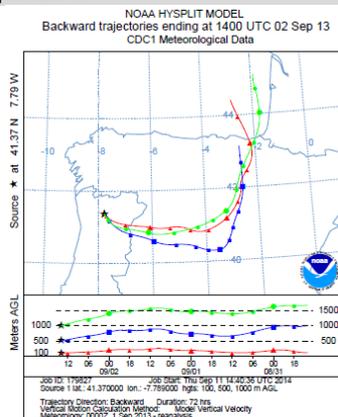


Figura 3. Retrotrajetórias obtidas com o modelo HYSPLIT para alguns dos dias de episódio.



Verifica-se que na maioria dos episódios (com excepção do episódio 6 e 8) há dias com origens distintas das massas de ar, isto é, com padrões sinóticos diferentes. Nos episódios nº 1, 2, 4 e 7 é possível diferenciar duas situações de circulações distintas, e nos episódios nº 3 e 5, três padrões diferentes.

Uma análise mais cuidada das retrotrajectórias permitiu concluir que em episódios distintos se encontram padrões de circulação semelhantes e que estes se podem agrupar em 4 grupos distintos, no que diz respeito à origem das massas de ar, nomeadamente:

- massas de ar (retrotrajectórias) provenientes do Norte (N)
- massas de ar (retrotrajectórias) provenientes de Este (E)
- massas de ar (retrotrajectórias) provenientes de Sudeste (SE)
- massas de ar (retrotrajectórias) provenientes do Oeste (W)

Esta classificação feita aos dias de episódio encontra-se ilustrada por cores na Tabela 2, para uma mais fácil categorização e interpretação.

Face a esta classificação, foram escolhidos para simulação numérica da qualidade do ar 2 episódios, representativos e distintos entre si, que reúnem as 4 condições distintas acima referidas, nomeadamente:

- Episódio 5 (**25 - 29 abril 2011**): retrotrajectórias provenientes de N/E
- Episódio 7 (**6 - 22 julho 2013**): retrotrajectórias provenientes de E/W

No capítulo seguinte é descrita a aplicação da modelação numérica da qualidade do ar feita com recurso a técnicas de “source apportionment”, juntamente com a análise dos resultados.

Tabela 2. Classificação dos dias de episódio face à origem das massas de ar (retrotrajetórias).

| Episódio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total de dias |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| nº de dias | 7 | 6 | 5 | 5 | 8 | 3 | 17 | 10 | 61 |
| | 04-07-2010 | 27-07-2010 | 01-09-2010 | 25-04-2011 | 25-06-2011 | 06-09-2012 | 06-07-2013 | 27-08-2013 | |
| | 05-07-2010 | 28-07-2010 | 02-09-2010 | 26-04-2011 | 26-06-2011 | 07-09-2012 | 07-07-2013 | 28-08-2013 | |
| | 06-07-2010 | 29-07-2010 | 03-09-2010 | 27-04-2011 | 27-06-2011 | 08-09-2012 | 08-07-2013 | 29-08-2013 | |
| | 07-07-2010 | 30-07-2010 | 04-09-2010 | 28-04-2011 | 28-06-2011 | | 09-07-2013 | 30-08-2013 | |
| | 08-07-2010 | 31-07-2010 | 05-09-2010 | 29-04-2011 | 29-06-2011 | | 10-07-2013 | 31-08-2013 | |
| | 09-07-2010 | | | | 30-06-2011 | | 11-07-2013 | 01-09-2013 | |
| | 10-07-2010 | | | | 01-07-2011 | | 12-07-2013 | 02-09-2013 | |
| | | | | | 02-07-2011 | | 13-07-2013 | 03-09-2013 | |
| | | | | | | | 14-07-2013 | 04-09-2013 | |
| | | | | | | | 15-07-2013 | 05-09-2013 | |
| | | | | | | | 16-07-2013 | | |
| | | | | | | | 17-07-2013 | | |
| | | | | | | | 18-07-2013 | | |
| | | | | | | | 19-07-2013 | | |
| | | | | | | | 20-07-2013 | | |
| | | | | | | | 21-07-2013 | | |
| | | | | | | | 22-07-2013 | | |

Retrotrajetórias provenientes de:

N  E  SE  W 

Modelação da qualidade do ar

O sistema de modelação de qualidade do ar WRF-CAMx, com a sua ferramenta de “source apportionment” , foi aplicado para avaliação e interpretação dos padrões de distribuição das concentrações de ozono para os episódios de excedências deste poluente selecionados no capítulo anterior.

O sistema de modelos selecionado para a avaliação da qualidade do ar consiste no modelo meteorológico de mesoscala (Weather Research and Forecasting - WRF), do National Center for Atmospheric Research (NCAR) (Skamarock e Klemp, 2008), versão 3.5, e no modelo químico de transporte CAMx, versão 6.10 (Environ, 2014). A ferramenta implementada para o “source apportionment” das concentrações de ozono (OSAT - Ozone Source Apportionment Technology) permite estimar as contribuições de diferentes setores e regiões de emissão para a formação de ozono (incluindo a avaliação da contribuição de transporte transfronteiriço, neste caso Ibérico). A ferramenta OSAT permite também estimar as frações de ozono formadas sob condições limitadas por COV ou NOx, indicando como irão as concentrações de ozono responder a reduções das emissões de COV e NOx.

Definição da área de estudo

Para a aplicação do sistema de modelação de qualidade do ar foram definidos dois domínios de simulação sobre Portugal Continental e sobre a região norte, área de interesse para o presente trabalho, com 540x882 km² e 294x267 km², e com resoluções espaciais de 9 e 3 km², respetivamente (Figura 4).

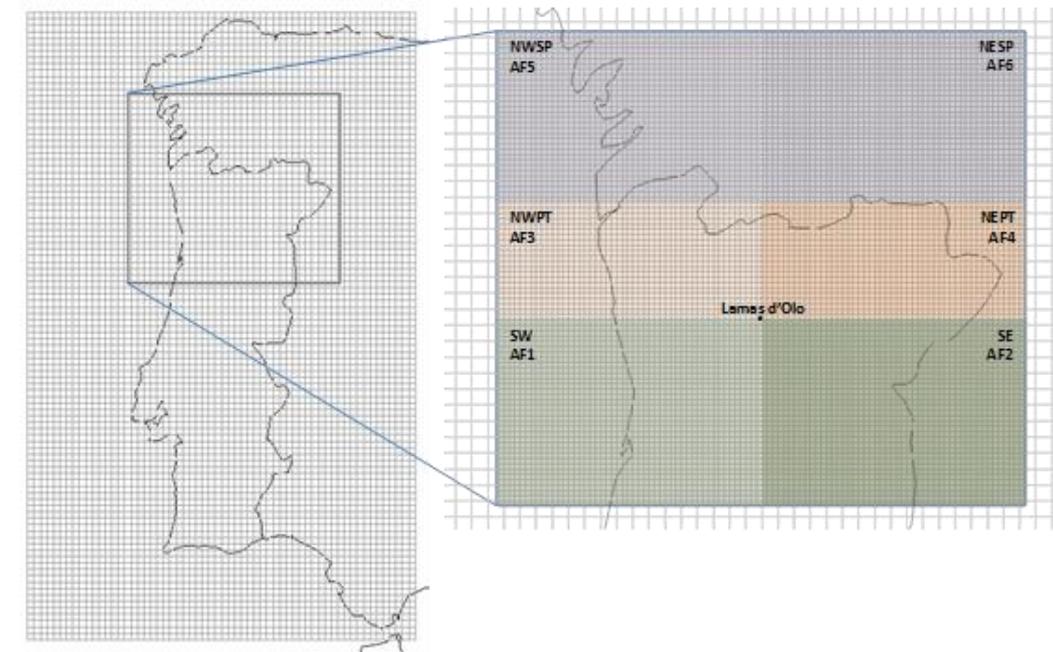


Figura 4. Domínios de simulação definidos para a aplicação do sistema de modelação da qualidade do ar WRF-CAMx e áreas fonte usadas na modelação com “source apportionment” .

Os dados de entrada necessários à simulação de qualidade do ar dos episódios selecionados compreendem os resultados da simulação meteorológica com o modelo WRF, condições iniciais e fronteira para o domínio de Portugal fornecidas pelo modelo químico global MOZART e as emissões dos precursores de ozono para os dois domínios de simulação, para além da caracterização fisiográfica da região (topografia e uso do solo) e indicação de seis áreas fonte definidas para aplicação da técnica de “source apportionment” : SW (área a sudoeste da estação Douro Norte), SE (a sudeste da estação), NWPT (área nacional a noroeste da estação), NEPT (área nacional a nordeste da estação), NWSP (área espanhola a noroeste), e NESP (área espanhola a nordeste).

Preparação e análise de emissões

Os dados de emissões requeridos pelo modelo de qualidade do ar CAMx compreendem informação sobre as emissões para cada célula dos domínios de simulação com discretização horária por atividade SNAP (Selected Nomenclature for Sources of Air Pollution) e por poluente. Estes dados são fundamentais para a aplicação do modelo



com a ferramenta OSAT visando a correta identificação da contribuição de vários setores e/ou regiões responsáveis para os níveis de ozono. Assim, foi necessário desagregar espacialmente as emissões para as resoluções espaciais dos dois domínios considerando dados de emissões para Portugal e Espanha.

Para o território nacional recorreu-se a dados de emissões provenientes do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA), por concelho e por setor de atividade SNAP (Tabela 3), referente ao ano do episódio a simular (APA, 2011, 2014).

Tabela 3. Setores de atividade SNAP

| SNAP | Caracterização |
|---------|---|
| SNAP 1 | Produção de Energia |
| SNAP 2 | Combustão Residencial e Comercial |
| SNAP 3 | Combustão Industrial |
| SNAP 4 | Processos de Produção |
| SNAP 5 | Extração e Distribuição de Combustíveis |
| SNAP 6 | Uso de Solventes |
| SNAP 7 | Transportes Rodoviários |
| SNAP 8 | Outras Fontes Móveis |
| SNAP 9 | Tratamento e Eliminação de Resíduos |
| SNAP 10 | Agricultura e Pecuária |
| SNAP 11 | Fontes Naturais |

Para os setores SNAP 2 a 10, considerados pelo modelo como fontes em área, as emissões por concelho, por setor de atividade SNAP e por poluente foram desagregadas para as grelhas dos domínios de simulação, com uma resolução de 9x9 e 3x3 km² respetivamente.



Para o setor SNAP 7, as emissões por concelho foram desagregadas considerando a rede viária de cada concelho sendo as emissões alocadas às células do domínio ocupadas por estradas, tendo em conta o volume de tráfego por tipo de estrada.

Para os setores SNAP 2, 3, 4, 6, 9 e 10 fez-se uma desagregação das emissões por freguesia efetuada com base em fatores socio-económicos adequados para cada sector de atividade, como são exemplo o tipo e consumo de combustível e a densidade populacional (Monteiro et al., 2007, Monteiro, 2013). Relativamente ao SNAP 1, foram consideradas as emissões das fontes pontuais alocadas a este setor de atividade e reportadas no âmbito da diretiva das grandes instalações de combustão e do inventário nacional de emissões.

Para a área dos domínios correspondente a território espanhol utilizou-se o inventário de emissões produzido pelo modelo HERMESv2.0 desenvolvido pelo Centro Computacional de Barcelona (Baldasano et al. 2008; Guevara et al., 2013). O modelo HERMES2.0 estima emissões por poluente e por setor de atividade SNAP para a Península Ibérica com uma resolução espacial de 4x4 km² e temporal de 1h, considerando fatores de emissão e de desagregação distintos para cada setor. Informação mais detalhada encontra-se em Guevara et al. (2013).

Para criar as matrizes de emissões por célula de 9x9 e 3x3 km² para cada um dos domínios foi necessário desenvolver um conjunto de preprocessadores para juntar a informação dos dois inventários, dado que o inventário espanhol apresenta domínio, resolução e projeção espacial distintas das dos domínios de simulação definidos. Na Figura 5 apresentam-se, a título de exemplo, as emissões para as 9h de um dia de semana para os setores de atividade que mais contribuem para as emissões totais deste poluente, nomeadamente para as SNAP 3 e 4, SNAP 7 e 8, e emissões totais por célula dos domínios de simulação da qualidade do ar.

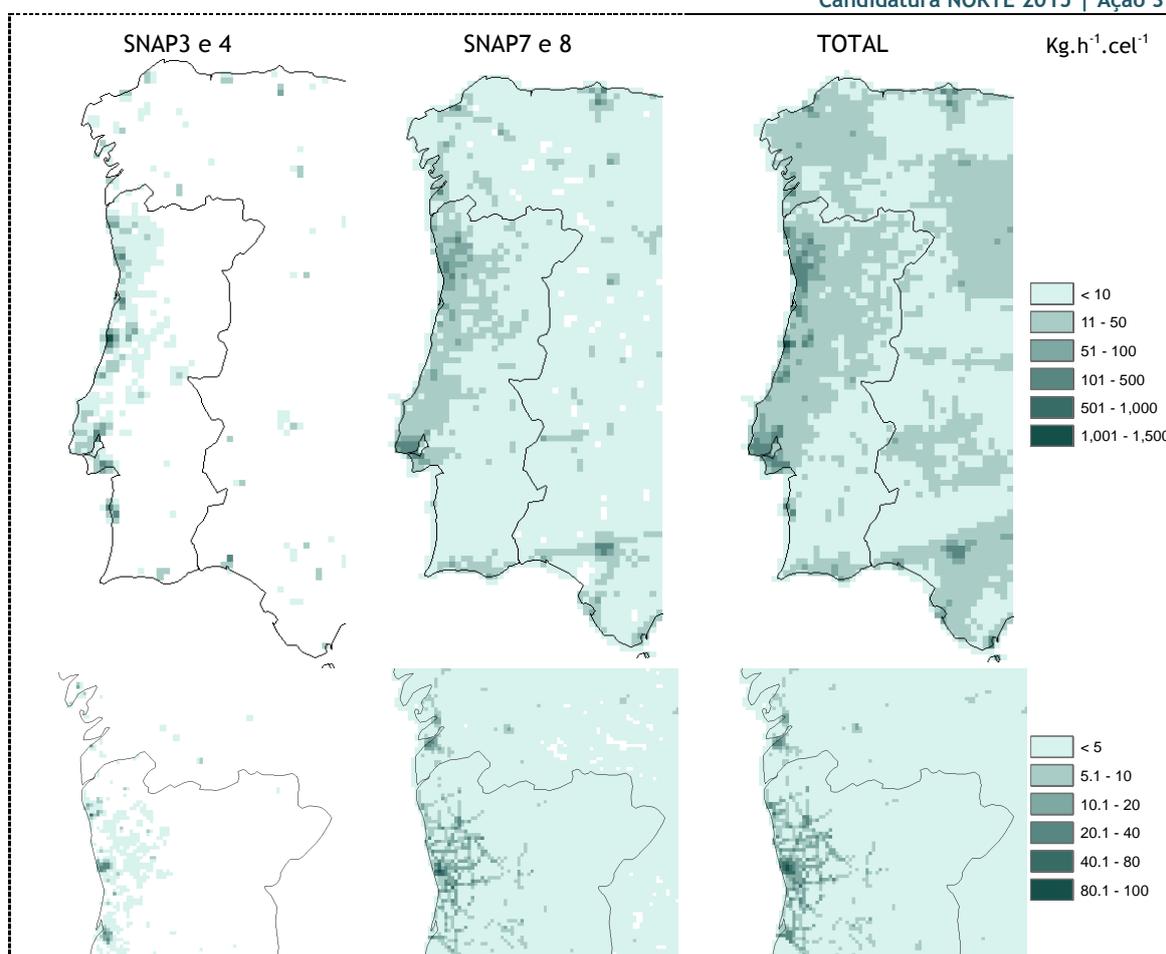


Figura 5. Emissões ($\text{kg.h}^{-1}.\text{cel}^{-1}$) de NO_x para os setores de atividade SNAP 3 e 4, SNAP 7 e 8 e totais por célula de cada um dos domínios de simulação para as 9h.

Verifica-se que as emissões totais para este poluente são mais elevadas ao longo da costa atlântica portuguesa e nas áreas urbanas portuguesas e espanholas. Denota-se uma distribuição espacial distinta das emissões do SNAP 3 e 4 em Portugal e Espanha que se justifica pela metodologia de alocação/desagregação das emissões para estes setores que é diferente para os dois inventários considerados. Para estes setores, os valores máximos de emissão verificam-se no território português.



Análise de resultados

Episódio 25-29 abril 2011

De seguida apresentam-se os resultados obtidos, com recurso à técnica de “source apportionment”, para o episódio de abril 2011, nomeadamente no que diz respeito à contribuição das diferentes áreas fonte identificadas na Figura 4 e aos diferentes sectores de actividade. Relativamente a estes últimos, foi feita uma junção de setores, mais propriamente:

- SNAP 7 e 8, de modo a englobar todos os transportes
- SNAP 3 e 4, englobando todos os processos industriais
- SNAP 5 e 6, englobando as actividades que dizem respeito a solventes
- SNAP 2 e 9, englobando os sectores relacionados com a atividade residencial.

A Figura 6 mostra a contribuição relativa estimada das diferentes áreas fonte e condições fronteira e iniciais (BC+IC), juntamente com as concentrações de O₃ medidas, para os vários dias de episódios. A Figura 7 mostra a mesma contribuição relativa por dia de episódio (em gráfico circular) para uma mais fácil interpretação.

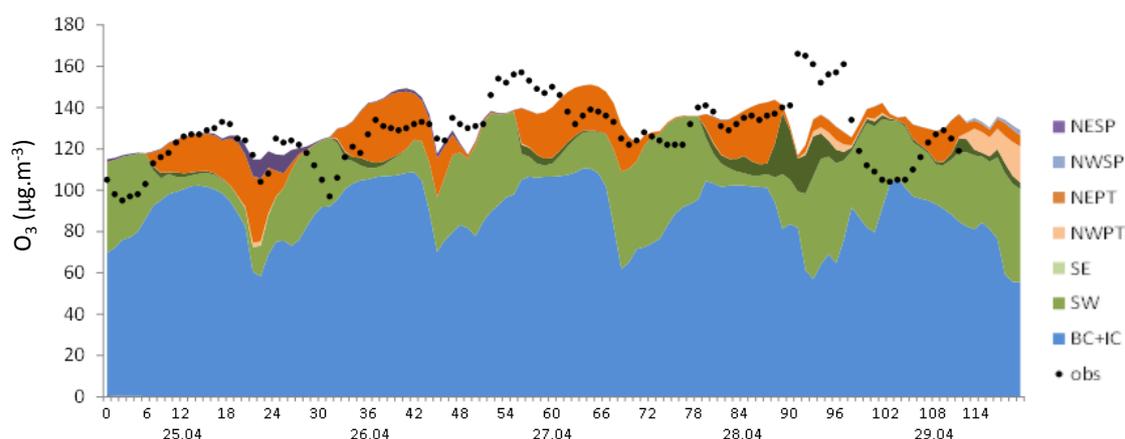


Figura 6. Concentrações de O₃ medidas e contribuição estimada por “source apportionment” das diferentes áreas fonte, e condições fronteira e iniciais, para o episódio 25-29 abril 2011.

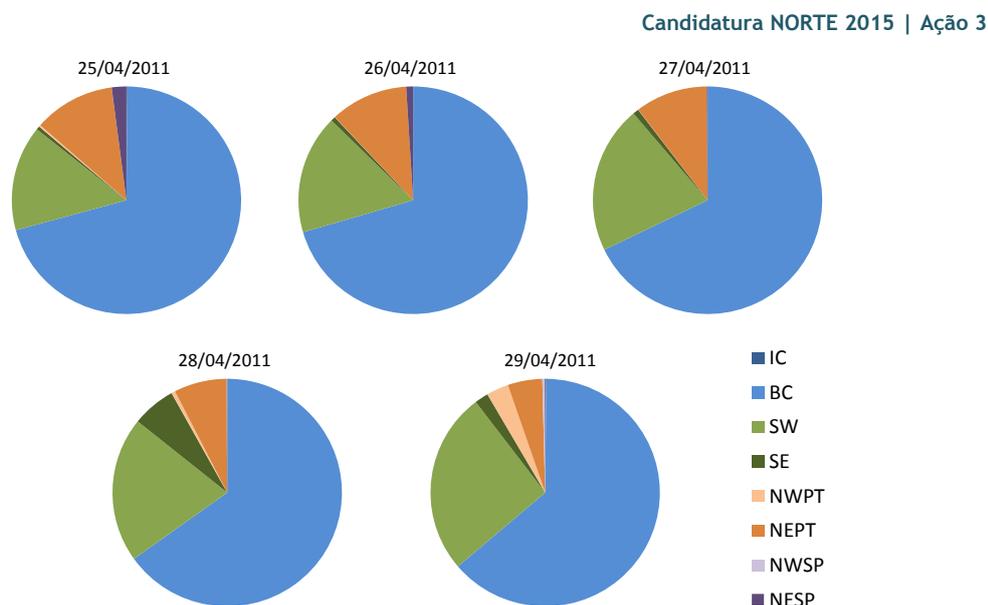


Figura 7. Contribuição relativa (%) estimada por “source apportionment” das diferentes áreas fonte para cada dia do episódio 25-29 abril 2011.

Verifica-se que as condições fronteira e iniciais (BC+IC) representam a maior contribuição durante todo o episódio, com contribuições relativas entre 60 e 70%, variando em termos absolutos entre 55 e 110 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Em termos de área fonte, SW é a região fonte dominante ao longo dos 5 dias de episódio, apesar do padrão de circulação sinóptica destes dias ser de origem Norte e Este. A região NEPT (Nordeste Portugal) aparece com uma contribuição também importante, sobretudo no período diurno compreendido entre as 7h00 e as 22h00, sugerindo associação a fontes de tráfego. Esta contribuição é mais notória nos primeiros 3 dias do episódio onde a circulação sinóptica provém de Norte, coincidindo com os picos de O_3 observados. Ou seja, apesar da contribuição relativa ser de apenas cerca de 10%, é responsável pelo aumento das concentrações de ozono para níveis críticos.

Nos últimos dois dias de episódios aparecem contribuições relativas de SE (28.04) e NWPT (29.04), ambas importantes para a formação dos picos de ozono às 16h00 e às 18h00, respectivamente.



Na Figura 8 estão representadas as contribuições relativas estimada dos diferentes sectores para os vários dias de episódio.

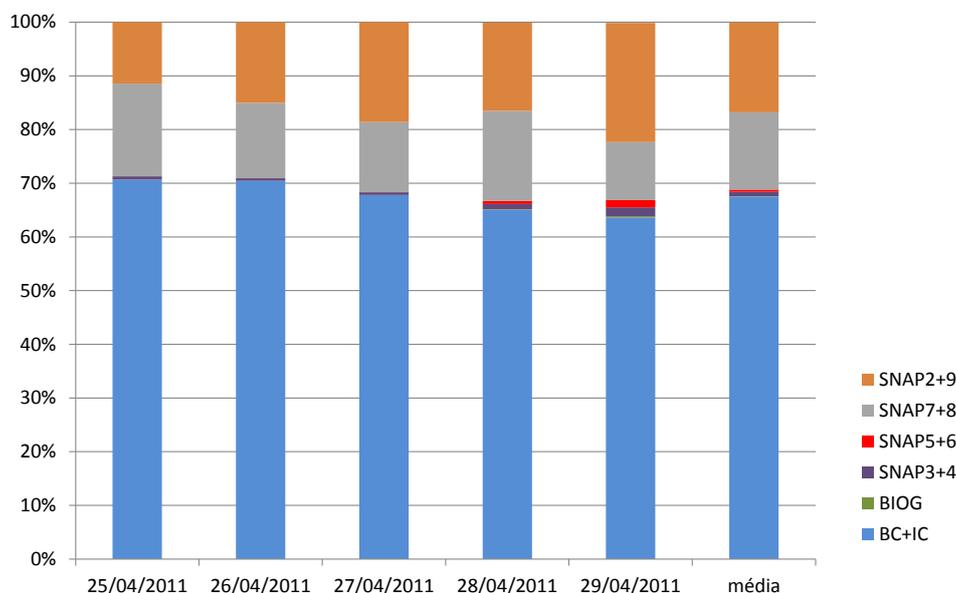


Figura 8. Contribuição relativa estimada por “source apportionment” dos diferentes sectores para o episódio 25-29 abril 2011.

Tal como já referido, a maior contribuição para as concentrações de ozono provém das condições fronteira e iniciais (BC+IC), seguida dos SNAP 2+9 e SNAP 7+8.

É de salientar que apesar da distribuição das contribuições relativas não serem muito distinta para os vários dias de episódio, há um padrão ligeiramente diferente nos últimos 2-3 dias de episódio, onde aparece uma contribuição pequena (~1,5%) do SNAP 5+6 (e SNAP 3+4) que anteriormente não existia.

É de notar ainda que a contribuição das fontes biogénicas (“BIOG”) é negligenciável em todos os dias de episódio.

De forma a perceber a importância de cada um dos sectores nas diferentes áreas fontes, a Figura 9 apresenta a contribuição relativa das áreas fonte para os grupos de sectores mais relevantes (SNAP7,8 e SNAP2,9), para cada dia de episódio.

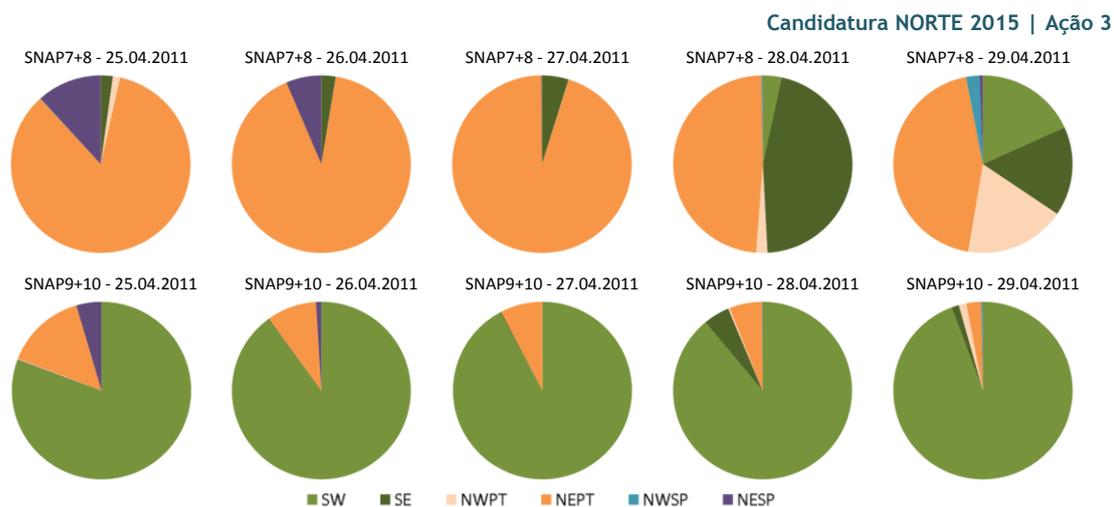


Figura 9. Contribuição relativa (%) estimada por “source apportionment” das diferentes áreas fonte e grupo de sectores (SNAP7+8 e SNAP2+9) para cada dia do episódio 25-29 abril 2011.

Pela análise da Figura 9 verifica-se que a contribuição dos transportes (SNAP7,8) provém, nos primeiros dias de episódio, de NEPT (nos restantes dias resulta de diferentes origens), enquanto que os SNAP2,9 estão sempre associados maioritariamente à área fonte SW.

Estes resultados podem ser justificados pelo facto de existirem fontes emissoras de transportes importantes na região a N e NE da estação Douro Norte, enquanto que as emissões provenientes do sector residencial e urbano (SNAP2-Combustão Residencial e SNAP9-Tratamento de Resíduos Urbanos) têm uma origem maioritariamente a W-SW da estação (região costeira urbana do Porto).



Episódio 6-22 julho 2013

À semelhança do episódio anterior, seguidamente são analisados os resultados obtidos com recurso à técnica de “source apportionment” para o episódio de julho 2013, nomeadamente no que diz respeito à contribuição das diferentes áreas fonte e dos diferentes setores de actividade, usando a mesma junção de setores (SNAP 7,8; SNAP3,4; SNAP5,6 e SNAP 2,9).

A Figura 10 mostra a contribuição relativa estimada das diferentes áreas fonte e condições fronteira e iniciais (BC+IC), juntamente com as concentrações de O₃ medidas, para os vários dias de episódio. A Figura 11 mostra a mesma contribuição relativa por dia de episódio (em gráfico de barras) para uma mais fácil interpretação.

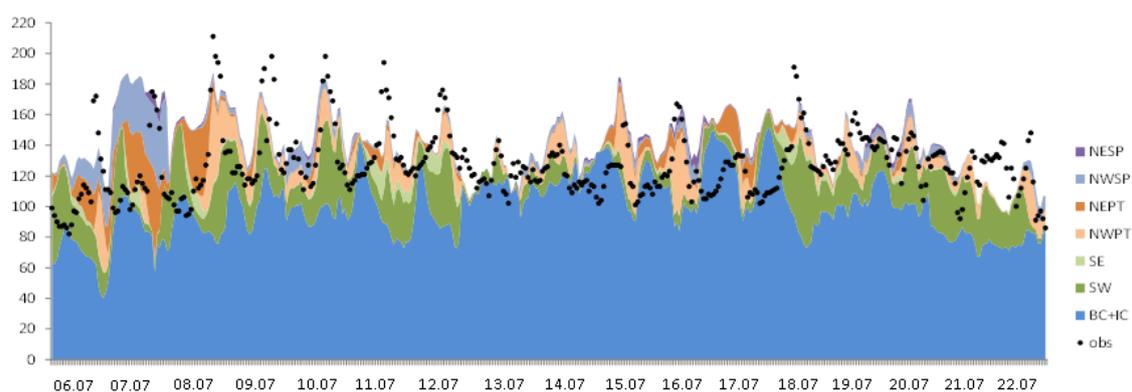


Figura 10. Concentrações de O₃ medidas e contribuição estimada por “Source Apportionment” das diferentes áreas fonte, e condições fronteira e iniciais, para o episódio 6-22 julho 2013.

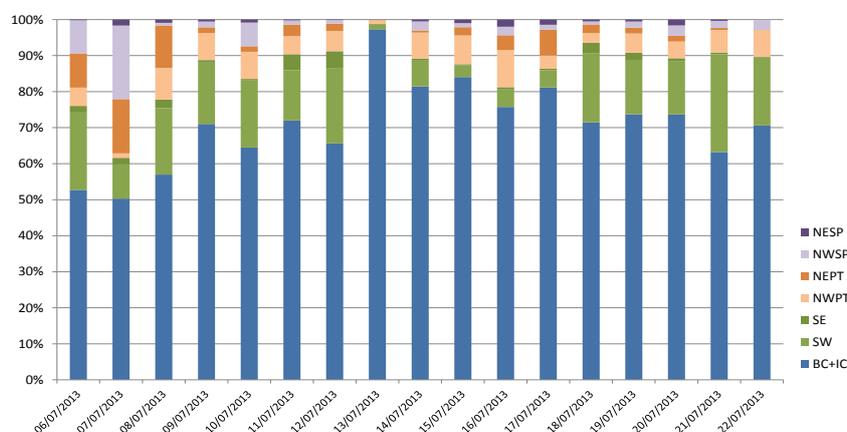


Figura 11. Contribuição relativa estimada por “source apportionment” das diferentes áreas fonte para cada dia do episódio 6-22 julho 2013.



É de salientar que este episódio, relativamente ao anterior, se caracteriza por uma duração bastante mais longa (>15 dias) e por concentrações mais elevadas de ozono, cujos picos (superiores a $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ em vários dias) são bem descritos/estimados pelo sistema de modelação.

À semelhança do observado no episódio anterior, verifica-se também neste episódio que as condições fronteira e iniciais (BC+IC) são a maior fonte de contribuição ao longo de todo o episódio, com contribuições relativas ainda mais elevadas que chegam aos 85%, representando em termos absolutos uma gama de valores de concentração $40 - 140 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Em termos de áreas fonte, há a distinguir 3 períodos distintos, que estão de acordo com os padrões sinópticos identificados nas retrotrajetórias (Figura 3), e que são nomeadamente:

- 6-7 julho: menor influência BC+IC (~50%) e visível influência de Espanha NWSP (10% e 20%, respectivamente)
- 8-12 julho e 18-22 de julho: SE/SW, com contribuição BC+IC ~65%
- 13-17 julho: contribuição das BC+IC superior ao resto do episódio ~84%, e contribuição residual de NW/NE

É de referir que as concentrações mais elevadas de ozono (picos) foram medidas durante os períodos 8-12 e 18-22 julho, correspondendo a contribuições de SE/SW da ordem dos 20%, com a fração maioritária proveniente de BC+IC (65%). Os resultados sugerem que este episódio seja explicado por níveis de fundo bastante elevados que existiam nestes períodos e cuja actividade fotoquímica, juntamente com algum transporte de precursores SE/SW (não muito significativo) deu origem à formação de concentrações elevadas de ozono.

Para se perceber o tipo de fontes de poluição associadas a este episódio, estão representadas na Figura 12 as contribuições relativas estimada dos diferentes setores para os vários dias de episódio.

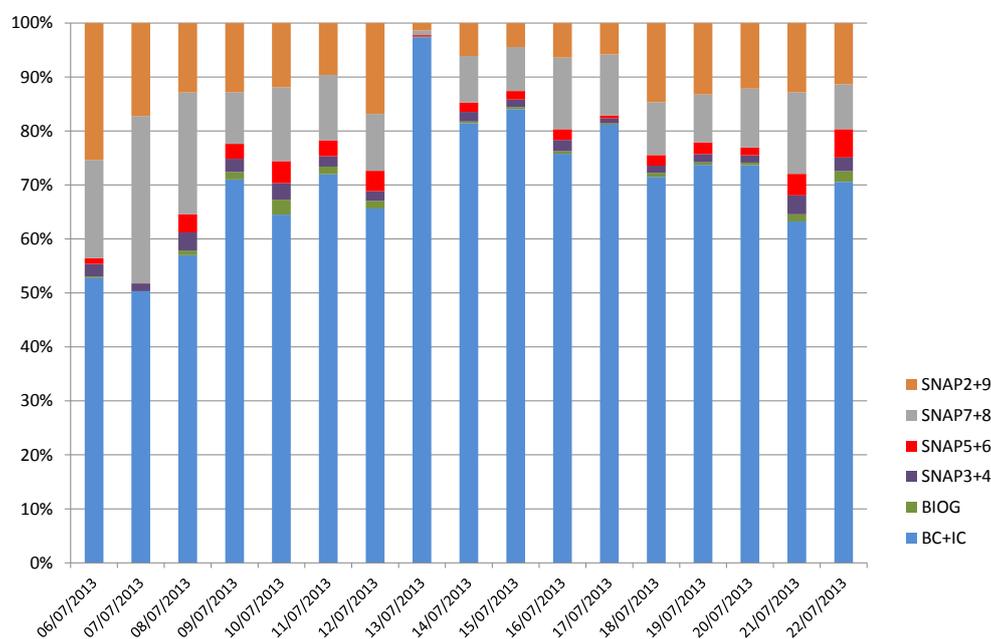


Figura 12. Contribuição relativa estimada por “source apportionment” dos diferentes sectores para o episódio 6-22 julho 2013.

Para além da contribuição maioritária das condições fronteira e iniciais já referidas, há a salientar o setor dos transportes (SNAP7,8) e residencial (SNAP2,9) como fontes emissoras mais importantes, alternando esta relevância entre os vários dias, com contribuições máximas de 31 e 25% respectivamente.

Estes setores tinham sido já identificados no episódio anterior como mais relevantes em termos de contribuição. É de notar, no entanto, que ao contrário do episódio anterior, existe uma pequena contribuição das fontes biogénicas (“bio”) sobretudo nos dois períodos de mais elevada concentração de ozono.

A Figura 13 apresenta a contribuição relativa das áreas fonte para os grupos de setores mais relevantes (SNAP7,8 e SNAP2,9), para um dia representativo de cada período distinto referido na Figura 11, de modo a identificar de onde provêm estas fontes emissoras.

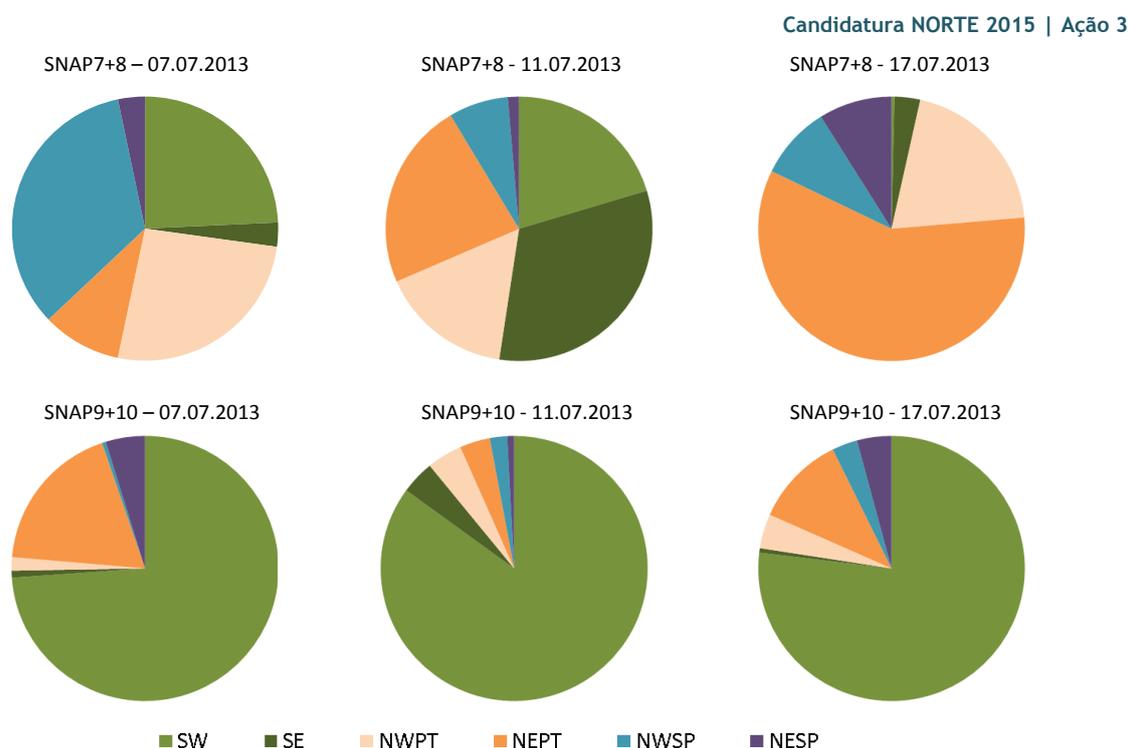


Figura 13. Contribuição relativa estimada por “source apportionment” das diferentes áreas fonte e grupo de setores (SNAP7+8 e SNAP2+9) para cada dia do episódio 6-22 julho 2013.

Pela análise da Figura 13 verifica-se que a contribuição dos transportes (SNAP7,8) é distinta nos três períodos analisados: no dia 7 de julho é visível a influência de Espanha, no dia 11 a maior contribuição é proveniente de sul, e no dia 17 de julho as maiores contribuições provêm do Norte (maioritariamente NEPT). Já as contribuições dos SNAP2,9 não variam significativamente ao longo de todo o período estudado, estando sempre associadas maioritariamente à área fonte SW, tal como verificado no episódio de abril de 2011 atrás analisado.

Mais uma vez, estes resultados podem ser justificados pelo facto de existirem fontes emissoras de transportes importantes na região a N e NE da estação Douro Norte, enquanto as emissões provenientes do setor residencial e urbano têm origem maioritariamente na região costeira urbana do Porto.



Regime NOx-limitado/COV-limitado

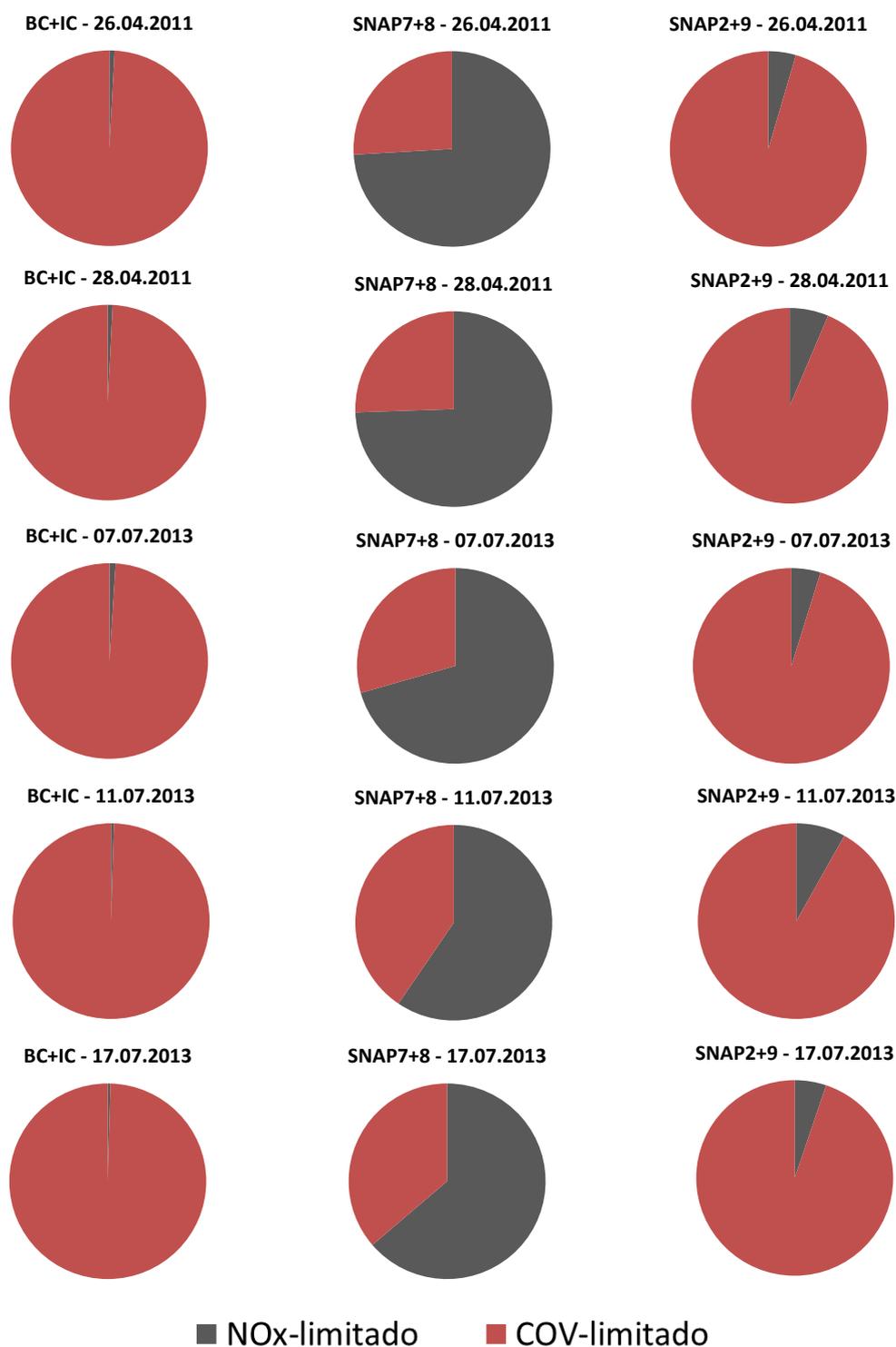


Figura 14. Regime NOx-limitado/COV-limitado para os dias típicos dos episódios analisados.



De modo a perceber qual o precursor de ozono - NO_x ou COV - cuja redução de emissões permite uma mitigação das concentrações de O₃ mais eficaz, foi feita uma análise do regime NO_x-COV (Seinfeld e Pandis, 2006) para os vários dias de episódio e para cada sector de atividade, como se mostra na Figura 14.

Os resultados indicam uma semelhança muito grande entre os vários dias de episódio analisados (na Figura 14 apenas são mostrados alguns a título de exemplo). Verifica-se que para os transportes (SNAP7,8) o regime existente é maioritariamente (60%-74% dos dias) limitado pelo NO_x, enquanto que para os setores SNAP2,9 o regime é limitado pelos COV (em mais de 90% dos dias), sendo que este mesmo regime foi encontrado para as condições fronteira e iniciais.

Estes resultados são fundamentais para um planeamento e definição de medidas de mitigação mais eficientes, que resultem numa maior taxa de redução das concentrações de ozono. No capítulo seguinte são propostas e discutidas potenciais medidas para a mitigação do ozono na Região Norte.



Identificação de medidas de melhoria da qualidade do ar

Este capítulo visa identificar e propor um conjunto de medidas que minimizem as excedências de ozono verificadas na estação Douro Norte durante o último período 2010-2013, com base nos resultados da modelação com “source apportionment”, onde se identificaram os setores de atividade e as regiões que mais contribuem para as concentrações de ozono.

Os resultados obtidos na simulação numérica (com “source apportionment”) dos 2 períodos de episódios revelaram que apesar das contribuições relativas das áreas fonte serem distintas entre os dois episódios (e os diferentes dias de cada episódio), há vários pontos em comum na sua análise conjunta:

- as **condições fronteira e iniciais** (ditas concentrações de fundo) contribuem maioritariamente para as concentrações de ozono medidas na estação Douro Norte, com contribuições relativas superiores a 60%;
- os setores de actividade que se distinguem em termos de importância relativa compreendem os **transportes** (SNAP7,8) e o **sector residencial** (combustão residencial-SNAP2 e tratamento de resíduos urbanos-SNAP9), independentemente das diferentes áreas fonte associadas;
- há outros setores que pontualmente têm expressão (residual), nomeadamente os sectores industriais (SNAP3,4) e uso solventes (SNAP5,6);
- as **fontes biogénicas** aparecem apenas com uma pequena importância em alguns dias específicos de episódio, mas os quais correspondem a dias com elevada concentração de O₃.

Assim sendo, propõe-se na Tabela 4 um conjunto de medidas que deve constar de um plano de melhoria da qualidade do ar para a Região Norte, que vise o ozono. Estas medidas encontram-se divididas por setor de actividade, incluindo as condições de fundo, um dos aspetos a considerar em qualquer estratégia futura para qualidade do ar para esta região.



Tabela 4. Medidas propostas para Plano de Qualidade do Ar para a Região Norte, para o Ozono

| Setor | Medida | Observações |
|--------------------|---|---|
| Condições de fundo | Implementação de medidas resultantes da estratégia nacional/regional para mitigação de emissões (precursores de ozono, em particular dos COV). Exemplo: medidas constantes da Estratégia Nacional para a Qualidade do Ar (ENAR, 2014) para cumprimento dos Tetos de Emissão. | A redução dos níveis de fundo de ozono está dependente de uma estratégia a nível regional (nacional e transfronteiriça). |
| Transportes | Melhorar a rede e a frota de transportes públicos Aplicação de taxas/vias específicas para uso específico de transportes privados Corte de ruas/criação de ZER | ver Tabela A2 no Anexo II para maior detalhe Todas estas medidas permitem a redução de emissões, em particular de NOx. |
| Residencial | Incentivos monetários à substituição de lareiras abertas (redução de COV, para além de NOx). | ver Tabela A2 no Anexo II para maior detalhe |
| Industria | Implementação de medidas e tecnologias (MTD) de prevenção e controlo da poluição atmosférica | ver Tabela A2 no Anexo II para maior detalhe |
| Biogénicas | Estas emissões podem ser importantes e contribuir para picos de ozono em dias com condições meteorológicas específicas (elevada estagnação atmosférica). Nestes casos, deverá haver medidas excepcionais de redução de emissões de COV. | Estas medidas de cariz pontual podem ser planeadas com recurso à previsão meteorológica e da qualidade do ar |
| Sensibilização | Sensibilizar a população para o problema da poluição atmosférica. Incentivar a deslocação de bicicleta ou a pé, a partilha de meios de transporte e o uso de transportes públicos | ver Tabela A2 no Anexo II para maior detalhe |

Para além desta tabela resumo de medidas, há algumas recomendações e notas a salientar importantes, quer na definição, quer na aplicação futura destas medidas. Em resumo:

- A redução dos níveis de fundo de O₃ são o maior desafio encontrado neste Plano de Qualidade do Ar. Para a sua concretização será essencial uma articulação das políticas e estratégias da qualidade do ar ao nível regional, nacional e internacional. A análise do regime limitado por COV permite identificar este precursor como principal alvo de mitigação. A implementação



e aplicação de medidas que visem a redução deste precursor terão uma contribuição vital para este efeito;

- Os setores a “negrito” (transportes, residencial) foram os identificados como cruciais para a mitigação de emissões de precursores de ozono. A aplicação das medidas identificadas será, no entanto, necessária realizar em toda a região Norte, já que estes setores mostraram estar presentes nas diferentes áreas fonte estudadas;
- Apesar de existirem setores primordiais, não deve ser descurada a adoção e implementação de medidas relativas aos restantes setores. Os resultados da modelação mostraram que diferentes setores contribuíam com percentagem pequena para os picos (excedências) de ozono, podendo estes ser evitados reduzindo a contribuição relativa de apenas um setor;
- A criação de medidas de sensibilização do público em geral é fundamental para elevar a eficácia das restantes medidas apontadas. Só um coletivo bem informado é que poderá promover uma correta e eficaz implementação de medidas técnicas.

Para além da identificação e descrição das medidas, a análise dos custos associados, assim como o seu impacto na saúde humana, são aspetos essenciais e que devem constar de um plano de melhoria da qualidade do ar. O projeto MAPLIA (PTDC/AAG-MAA/4077/2012; <http://projeto-maplia.web.ua.pt>), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e em curso na Universidade de Aveiro, que visa a implementação de metodologias de avaliação integrada da qualidade do ar, será fundamental para a sua elaboração e para complementar o presente Plano de Qualidade do Ar. Espera-se que em maio de 2015 este projeto esteja concluído e que informação sobre os custos e impacto na saúde possa ser adicionada a este plano.



Referências

APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2011). Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa. Agência Portuguesa do Ambiente (Ed.), Amadora, Novembro 2011.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2014). Portuguese informative inventory report 1990-2012. Submitted under the unece convention on longrange transboundary air pollution. Agência Portuguesa do Ambiente (Ed.), Amadora, Março 2014.

Baldasano, J.M., Guereca, L.P., López, E., Gassó, S., Jimenez-Guerrero, P. (2008) Development of a high-resolution (1 km x 1 km, 1 h) emission model for Spain: The High-Selective Resolution Modelling Emission System (HERMES) Atmospheric Environment 42 (2008) 7215-7233. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.07.026.

Draxler, R.R., Hess, G.D., 1997. Description of the HYSPLIT 4 Modeling System. NOAA Technical Memorandum ERL ARL-224, 24.

Draxler, R.R., Hess, G.D., 1998. An Overview of the HYSPLIT 4 Modelling System for Trajectories, Dispersion, and Deposition. Australian Meteorological Magazine 47, 295-308.

ENVIRON (2014). User's guide to the Comprehensive Air Quality model with extensions (CAMx) version 6.10. April 2014.

Guevara, M., Martínez, F., Arevalo, G., Gasso, S., Baldasano, J.M., (2013). An improved system for modelling Spanish emissions: HERMESv2.0. Atmos. Environ. 81,209-221

Monteiro, A., Miranda, A. I., Borrego, C., Vautard, R., Ferreira, J., Perez, A. T. (2007). Long-term assessment of particulate matter using CHIMERE model. Atmospheric Environment, 41, 7726-7738.

Monteiro, A., Ribeiro, I., Tchepel, O., Sá, E., Ferreira, J., Carvalho, A., Martins, V., Strunk, A., Galmarini, S., Elbern H., Schaap, M., Builtjes, P., Miranda, A.I., Borrego, C. (2013). BIAS correction techniques to improve air quality ensemble predictions: focus on O3 and PM over Portugal. Environmental Modelling & Assessment 18 (5), 533-546.

Seinfeld, J., Pandis, S. (2006). Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 2ª Edição. ISBN: 978-0-471-72018-8, 1232 pp.



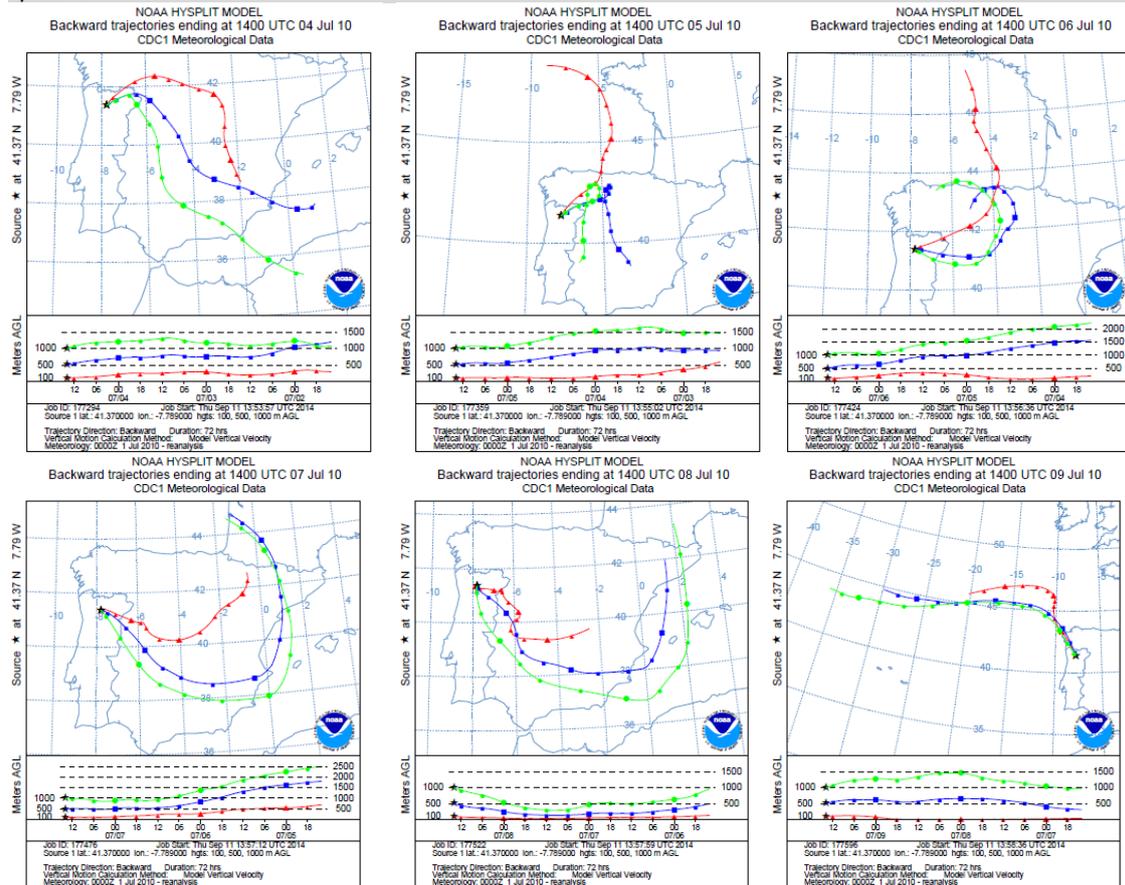
Anexos



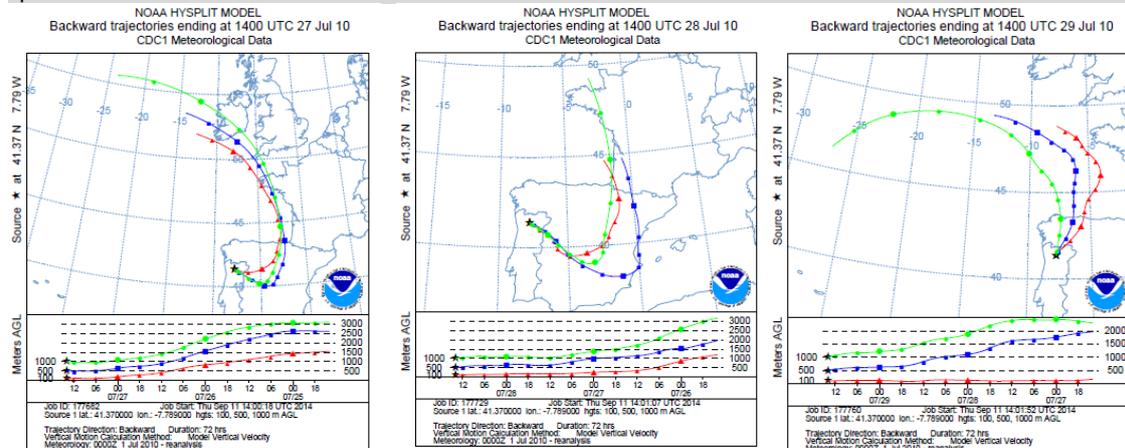
Anexo I.

Retrotrajetórias obtidas com modelo HYSPLIT para os dias de episódio identificados na Tabela 1.

Episódio 1

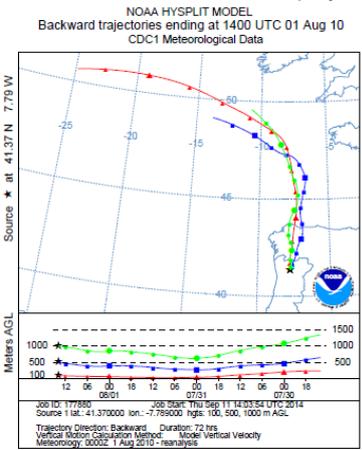
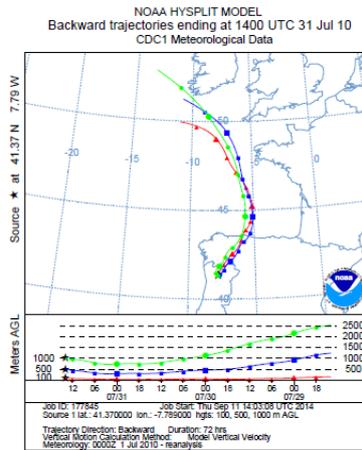
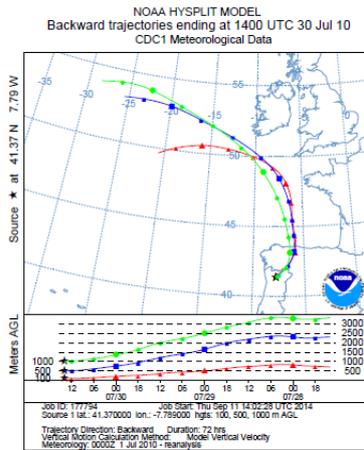


Episódio 2

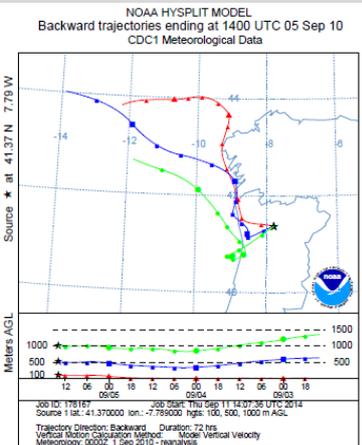
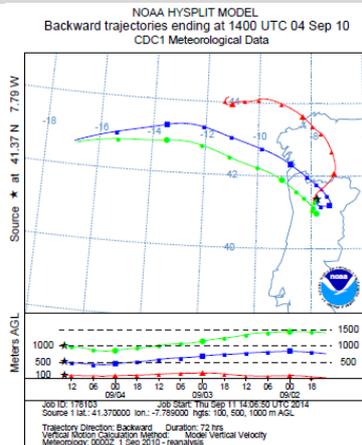
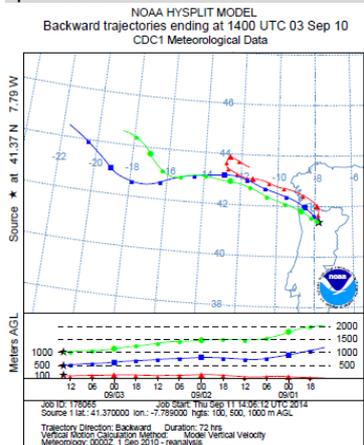




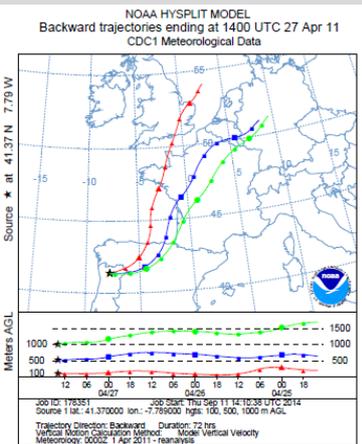
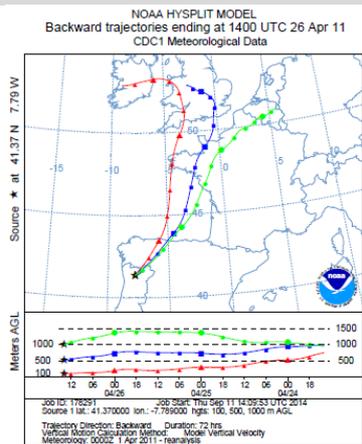
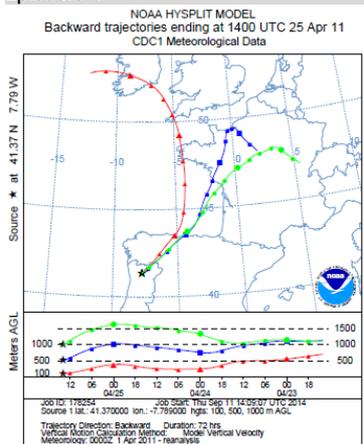
Candidatura NORTE 2015 | Ação 3

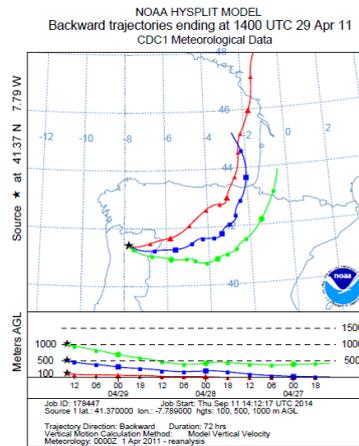
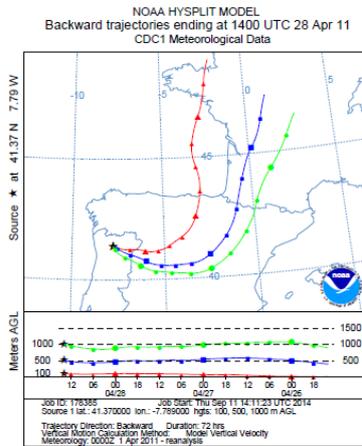


Episódio 3

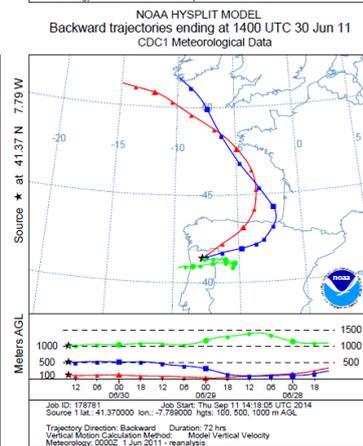
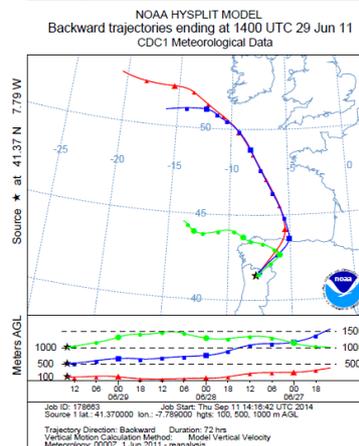
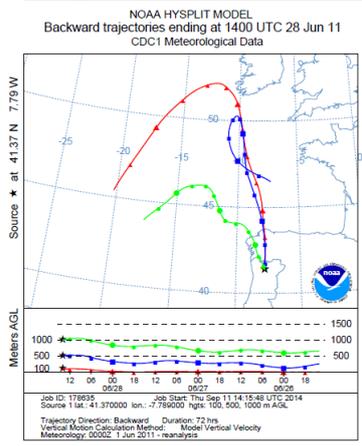
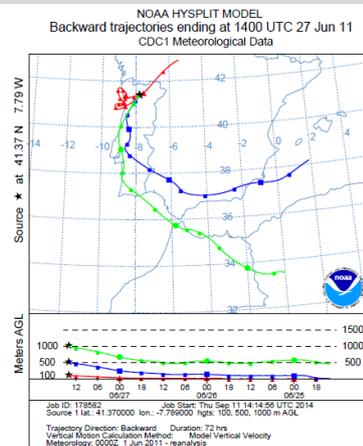
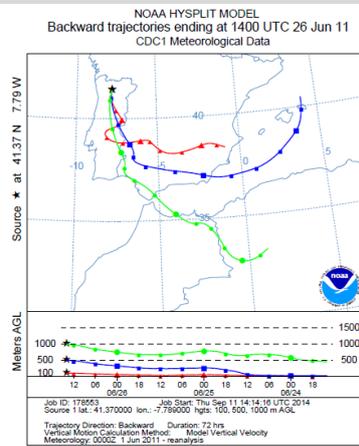
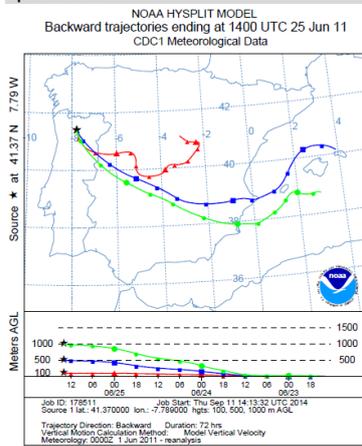


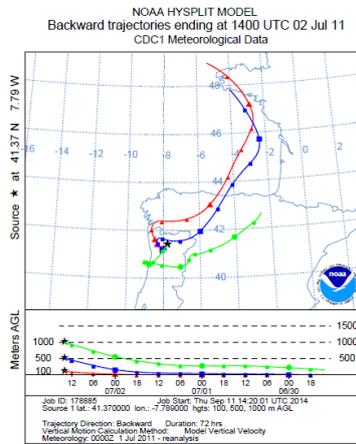
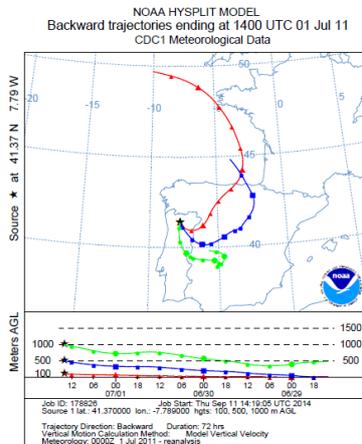
Episódio 4



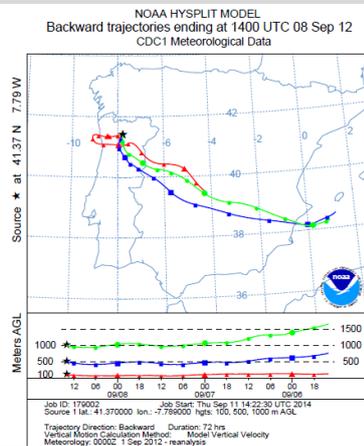
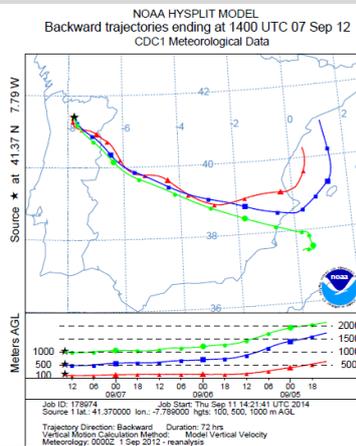
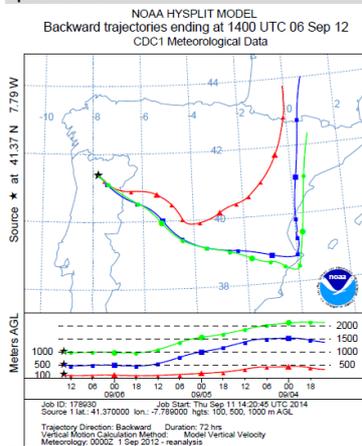


Episódio 5

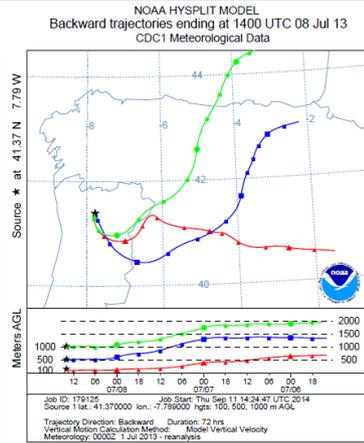
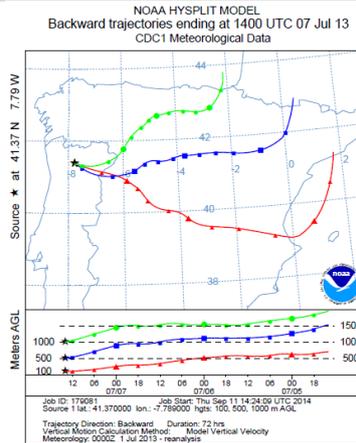
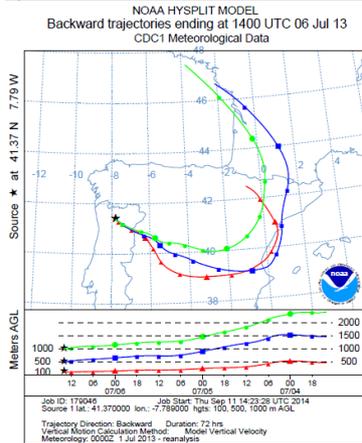




Episódio 6

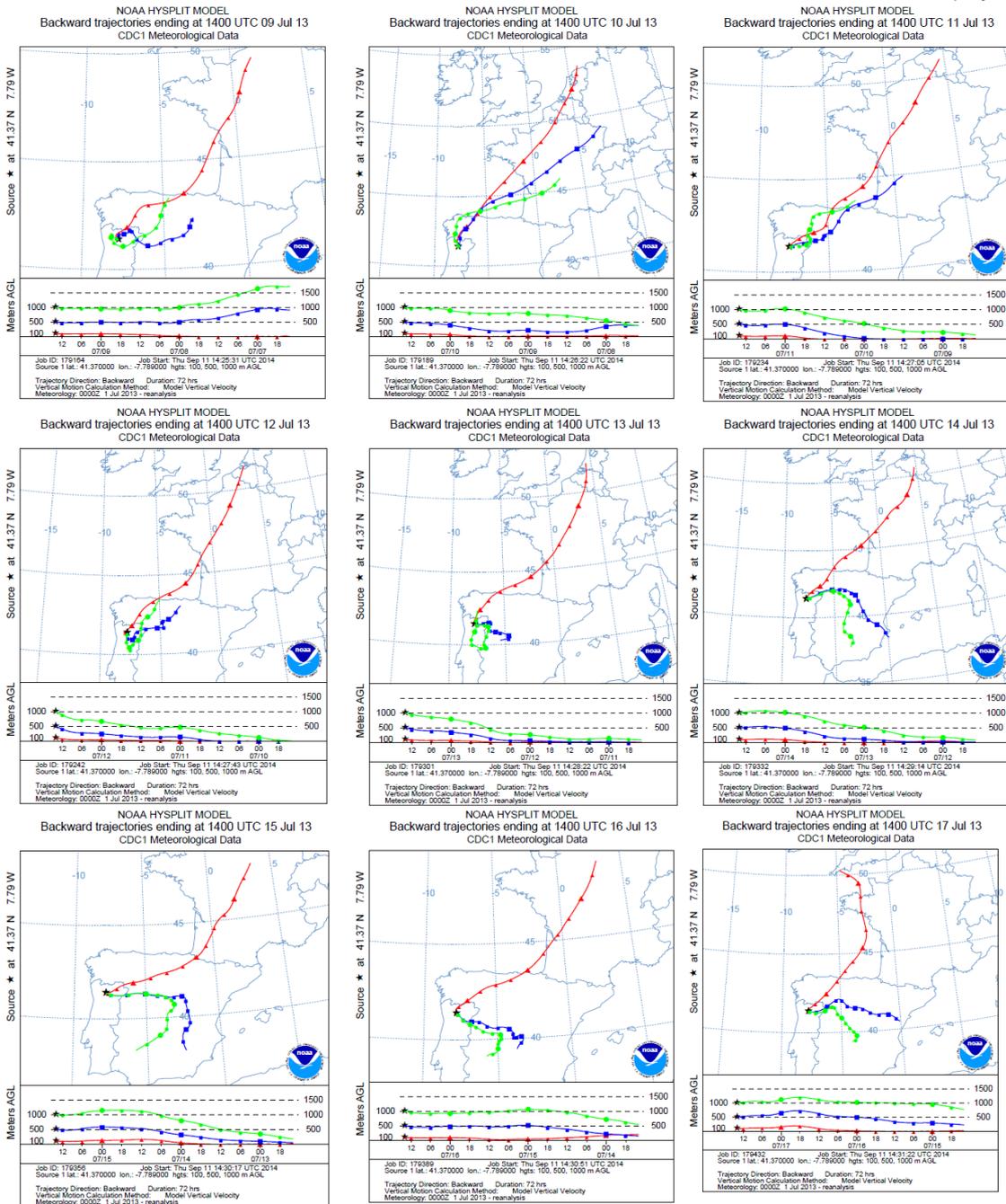


Episódio 7



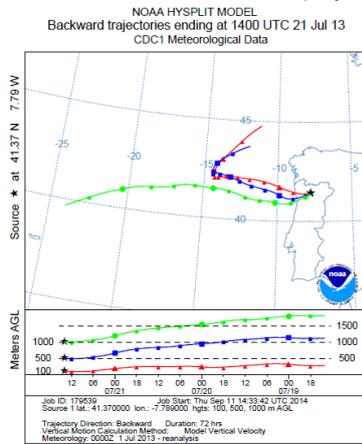
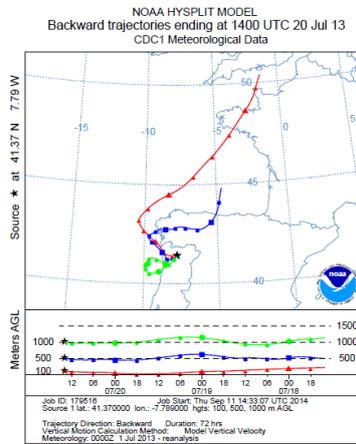
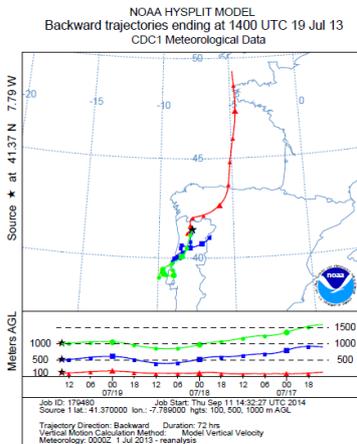


Candidatura NORTE 2015 | Ação 3

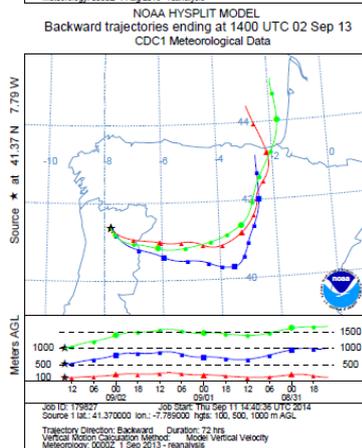
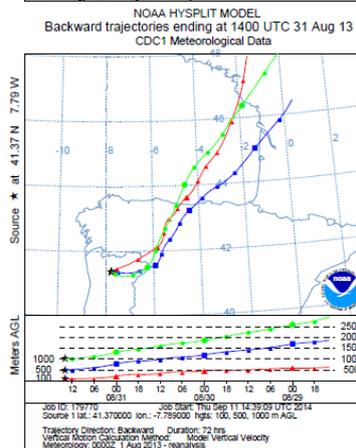
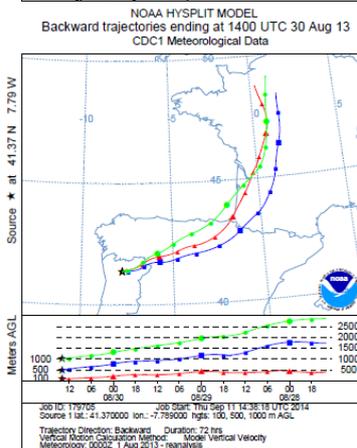
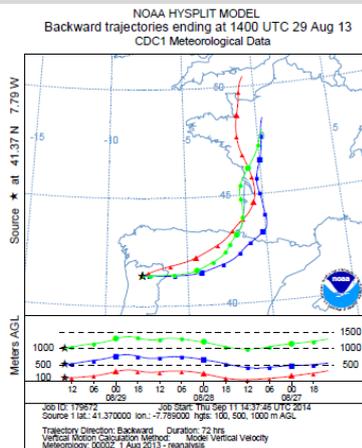
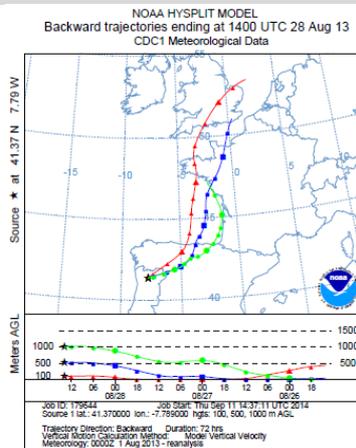
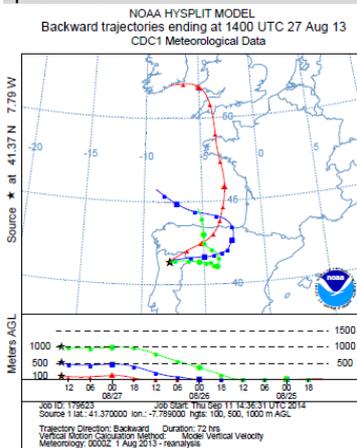




Candidatura NORTE 2015 | Ação 3

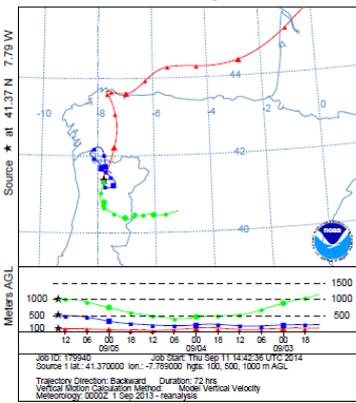
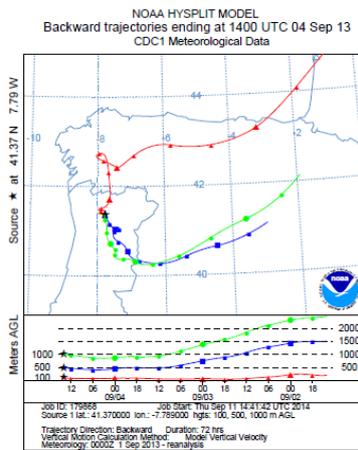
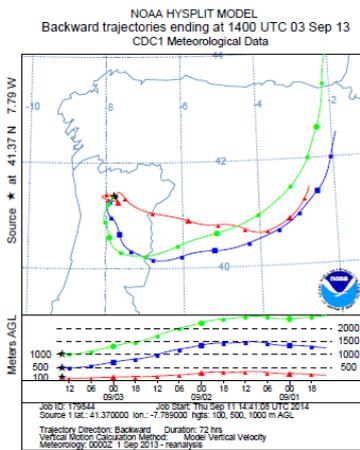


Episódio 8





Candidatura NORTE 2015 | Ação 3





Anexo II.

Descrição de potenciais medidas sugeridas para redução dos precursores de ozono na Região Norte.

| SNAP | Setor | Medida | Descrição sumária |
|------|---------|--|---|
| 7/8 | Tráfego | Introdução de veículos de baixa emissão no transporte público de passageiros e mercadorias | Promover a renovação do parque automóvel através da utilização de alternativas “verdes”, por exemplo, veículos a biodiesel. |
| 7/8 | Tráfego | Melhorias na rede de transporte público | Promover o uso de transportes públicos, através de campanhas de sensibilização; Melhorar os serviços fornecidos por este tipo de transporte; Aumentar o número de faixas de rodagem para que sirvam os diferentes meios de transporte público. |
| 7/8 | Tráfego | Aumento das vias exclusivas de autocarros nas principais ruas | Medida a ser aplicada em vias com elevado volume de tráfego rodoviário, o que permitirá aumentar a velocidade de circulação comercial e atrair um maior número passageiros para o transporte rodoviário colectivo. |
| 7/8 | Tráfego | Renovação da frota de táxis e dos veículos de recolha de resíduos | Aquisição/Renovação da frota de resíduos sólidos urbanos; Instalação de filtros de partículas; Reconversão para biodiesel. |
| 7/8 | Tráfego | Renovação da frota de transporte público coletivo | Desenvolver um plano de renovação da frota de transporte público coletivo pré-EURO, através da aquisição de novos veículos que cumpram os critérios definidos na Norma Euro VI. Promover a renovação da frota de transporte público coletivo, através da incorporação de tecnologias limpas. |
| 7/8 | Tráfego | Redução da percentagem de veículos pesados no centro das cidades | Reduzir o número de veículos pesados que circulam no centro da cidade |
| 7/8 | Tráfego | Introdução de taxas de circulação | Taxar a circulação de veículos ligeiros de passageiros que circulam no centro da cidade. Introdução de taxas em áreas urbanas que apresentem elevados níveis de concentração de poluentes atmosféricos. |
| 7/8 | Tráfego | Introdução de “Zonas Emissão Reduzida- ZER” | Introdução de taxas a veículos pesados (mercadorias e pesados) a gásóleo que circulam no centro da cidade. Restringir o tráfego com base na idade do |



Candidatura NORTE 2015 | Ação 3

| | | | |
|-----|---------|---|---|
| | | | veículo e percentagem de emissão de NO ₂ . Dentro da ZER, deve ser dada relevância às medidas previstas na política de mobilidade municipal (por exemplo, restrições ao estacionamento, áreas residenciais prioritárias, zonas pedonais, etc.). |
| 7/8 | Tráfego | Introdução de áreas de residência prioritária e tráfego restrito | Definição de áreas cujo o acesso seja permitido apenas a moradores, transportes públicos, serviços de emergência, motociclos e veículos de carga e descarga de mercadorias (em horas específicas do dia) |
| 7/8 | Tráfego | Corte de ruas ao tráfego | Proibição da circulação de veículos automóveis em determinadas ruas ou zonas do centro da cidade. |
| 7/8 | Tráfego | Implementação de vias só para veículos com grande ocupação | Implementação de vias que apenas permitam a circulação de veículos com um determinado número de ocupantes. |
| 7/8 | Tráfego | Incentivos para uso de transporte ferroviário | Aumentar os volumes de tráfego por via marítima e ferroviária. Esta medida irá reduzir significativamente as emissões do tráfego rodoviário e melhorar a qualidade do ar. |
| 7/8 | Tráfego | Incentivos para uso de bicicleta | Promover o uso da bicicleta, através de incentivos ao seu acesso, da construção de parques de estacionamento apropriados, por exemplo em estações ferroviárias, e principalmente a construção de ciclovias. Alterando a atual cultura de mobilidade de uma cidade, que privilegia o veículo particular, é possível reduzir o tráfego rodoviário, e, conseqüentemente, reduzir a poluição atmosférica e melhorar o ambiente. |
| 7/8 | Tráfego | Incentivos para uso de transporte público: gratuidade para idosos e deficientes | Implementação de um passe que permita o acesso aos transportes públicos, por parte de idosos e deficientes, de forma gratuita, e que possa ser utilizado em qualquer zona do país. |
| 7/8 | Tráfego | Promoção do uso de “carpooling” e “carsharing” | A medida compreende duas acções: - promoção da cultura de “carpooling” nas empresas, através do aumento do número de passageiros por veículo; e - promoção do serviço de “carsharing” com veículos de emissões reduzidas. |
| 7/8 | Tráfego | Promoção de locomoção a pé | Implementação de áreas residenciais prioritárias, conteúdo áreas totalmente pedestres e calçadas alargadas. Esta medida deve estar ligada a outras acções de concessão do espaço público para peões, nomeadamente, a criação de uma rede de |



| | | | |
|-----|-----------------------|--|--|
| | | | rotas prioritárias no centro urbano, tendo em conta os seguintes aspectos: saúde, desporto, turismo, cultura, etc. |
| 3/4 | Indústria | Prevenção e controlo da poluição pelas autoridades locais | Redução das emissões atmosféricas da indústria, através da imposição de critérios ambientais na atribuição da licença de funcionamento, nomeadamente a utilização das Melhores Tecnologias Disponíveis (MTD). |
| 3/4 | Indústria | Directrizes para a implementação de medidas de prevenção e control da poluição industrial | |
| 3/4 | Indústria | Utilização/Substituição de despoiradores em fontes pontuais. | |
| 3/4 | Indústria | Renovação dos equipamentos utilizados em estações de tratamento de águas residuais. | Esta medida pretende reduzir as emissões atmosféricas através do aumento da eficiência energética dos equipamentos. |
| 2 | Combustão residencial | Subsídios municipais para a substituição de lareiras abertas | Incentivar a substituição das lareiras abertas (que emitem elevados níveis de material particulado), por equipamentos com tecnologias mais eficientes e mais sustentáveis (por exemplo, recuperadores de calor). |
| 2 | Combustão residencial | Promoção de boas práticas para a redução da poluição do ar durante construção e demolição de edifícios | Esta medida irá promover a adopção dos critérios de sustentabilidade em todo o ciclo de vida de um edifício e instalações industriais, por forma a reduzir o seu impacto ambiental, nomeadamente ao nível das suas emissões. |
| - | Todos os sectores | Sensibilização e recomendações | Sensibilizar e educar a população para os problemas ambientais e de saúde associados à poluição atmosférica, por exemplo, através da organização de workshops, distribuição de folhetos, campanhas de sensibilização, etc. |
| - | Todos os sectores | Melhorar e disseminar o Sistema de monitorização e previsão da Qualidade do ar | A monitorização pode ser consultada via APA/QUALAR(www.qualar.apambiente.org) e a previsão para Portugal através da UA (adamastor.dao.ua.pt/previsao-qar/) |