Avaliação da Qualidade do Ar Ambiente na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2024

setembro 2025



Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P.

Título	Avaliação da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2024
Data	Setembro 2025
Autoria	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. Luísa Nogueira Sandra Mesquita
ISBN	978-989-9203-14-3

Resumo

No presente relatório apresenta-se a avaliação do estado da qualidade do ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT) em 2024, bem como a análise da evolução registada desde 2001, com base nos resultados dos poluentes monitorizados nas estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar (RMQA LVT) da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR LVT, I.P.). A avaliação foi realizada em conformidade com os requisitos e objetivos de qualidade do ar definidos para os poluentes dióxido de azoto (NO_2) e óxidos de azoto (NO_x), partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), ozono (O_3) e benzeno (C_6H_6), no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual.

A informação apresentada permite destacar, relativamente ao ano de 2024, o seguinte:

- As concentrações médias anuais de NO_2, registadas em algumas estações da RMQA LVT, diminuíram ligeiramente face aos anos de 2022 e 2023, mantendo-se significativamente inferiores às observadas em anos anteriores à pandemia de COVID-19. Contudo, na aglomeração da Área Metropolitana de Lisboa Norte (AML Norte) persiste a situação de incumprimento do valor limite anual deste poluente, na estação da Avenida da Liberdade, representativa de locais de tráfego intenso e elevada densidade urbana na zona central de Lisboa, apenas interrompida nos anos de 2020 e 2021 devido à redução do tráfego associada às restrições impostas pela pandemia;
- Para o O_3, não se verificaram ultrapassagens ao valor alvo para a proteção da saúde humana em nenhuma estação da RMQA LVT, situação que se mantém desde 2019. A estação da Chamusca, que até 2018 ultrapassava sistematicamente o valor alvo, registou o valor mais elevado para este indicador;
- Durante o ano, ocorreu apenas um episódio de concentrações mais elevadas de O_3, com excedências ao limiar de informação em duas estações da RMQA LVT.
- No que respeita às partículas PM_{10}, não se registaram incumprimentos aos valores limite em nenhuma estação da RMQA LVT, tal como se vem verificando desde 2018. Em alguns dias, sobretudo devido a eventos naturais de transporte de partículas do Norte de África e condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes, ocorreram algumas ultrapassagens ao valor limite diário de PM_{10}, mas em número muito inferior aos 35 dias de excedência permitidos pela legislação em vigor. Descontando o efeito dos eventos naturais, cuja frequência e intensidade variam anualmente, observa-se um decréscimo contínuo das concentrações deste poluente, resultado da redução das emissões antropogénicas, em particular no setor dos transportes rodoviários:
- Para os poluentes $PM_{2,5}$, CO, SO_2 e C_6H_6, os níveis registados, tal como em anos anteriores, foram bastante inferiores aos objetivos de qualidade do ar definidos na legislação em vigor.

Em síntese, os resultados obtidos em 2024 confirmam o cumprimento dos objetivos de qualidade do ar estabelecidos na legislação para a maioria dos poluentes, bem como a tendência de decréscimo das concentrações registadas nas estações da RMQA LVT.

Considerando que, no âmbito da revisão das diretivas comunitárias sobre a qualidade do ar ambiente, foram definidos novos objetivos para cumprimento em 2030 (DIRETIVA (UE) 2024/2881, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa), mais exigentes e alinhados com os valores guia recomendados pela OMS atualizados em 2021, o último capítulo deste relatório apresenta uma avaliação dos resultados de 2023 e 2024 face aos valores da nova diretiva e aos valores guia da OMS, com o objetivo de antecipar os desafios futuros que se colocam ao cumprimento desta nova regulamentação na RLVT.

Esta análise permite prever que, apesar das previsões de redução das emissões para os próximos anos, os valores limite anual e diário de NO_2 estabelecidos na nova diretiva, dificilmente serão cumpridos até 2030 nas zonas de Lisboa de tráfego mais intenso e maior densidade urbana. Este cenário reforça a necessidade de implementar medidas adicionais para reduzir eficazmente as emissões deste poluente.

A comparação dos resultados de 2024 com os valores guia da OMS evidencia que, neste ano, grande parte da população da RLVT esteve exposta a concentrações de O_3 e NO_2 superiores aos valores recomendados para proteção da saúde humana. Em 2024, todas as estações da RMQA LVT registaram níveis de O_3 superiores aos valores guia da OMS, e apenas as estações rurais de fundo registaram concentrações de NO_2 inferiores aos valores guia definidos para este poluente.

Acrónimos, unidades e símbolos

AML - Área Metropolitana de Lisboa

AML Norte – Área Metropolitana de Lisboa Norte

AML Sul - Área Metropolitana de Lisboa Sul

CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CCDR LVT – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

CE - Comissão Europeia

EMQA - Estação de Monitorização da Qualidade do Ar

FCT/UNL – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

OMS - Organização Mundial de Saúde

RLVT - Região de Lisboa e Vale do Tejo

RMQA LVT - Rede de Monitorização da Qualidade do Ar de Lisboa e Vale do Tejo

UE - União Europeia

C_6H_6 - Benzeno

CO - Monóxido de Carbono

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

NO_2 - Dióxido de Azoto

NO_X - Óxidos de Azoto

O_3 - Ozono

PM_{10} - Partículas em Suspensão PM_{10}

$PM_{2,5}$ - Partículas em Suspensão $PM_{2.5}$

SO_2 - Dióxido de Enxofre

NC - nível crítico

VL - Valor limite

VLA - Valor limite anual

VLD - Valor limite diário

VLH - Valor limite horário

VA – Valor Alvo

$\mu g/m^3$ - micrograma por metro cúbico (unidade de medida de concentração, massa de poluente por volume de ar)

µm – micrómetro (unidade correspondente a 10^{-6} do metro)

Índice

RESUMO 2

ACRÓNIMOS, UNIDADES E SÍMBOLOS 4

ÍNDICE 5

ÍNDICE DE FIGURAS 7

1. INTRODUÇÃO 10

2. REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR 12

3. RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR 15

3.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO_2 E NO_x) 15

3.1.1 Origem e emissões do poluente 15

3.1.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 18

3.1.3 Análise da conformidade legal do NO_2 - Proteção da saúde humana 18

3.1.4 Análise da conformidade legal do NO_x - Proteção da vegetação 22

3.2 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO (PM_{10} E $PM_{2,5}$) 23

3.2.1 Origem e emissões do poluente 23

3.2.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 25

3.2.3 Análise da conformidade legal das partículas PM10 25

3.2.4 Análise da conformidade legal das partículas PM2,5 32

3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) 34

3.3.1 Origem e emissões do poluente 34

3.3.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 35

3.3.3 Análise da conformidade legal 35

3.4 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2) 37

3.4.1 Origem e emissões do poluente 37

3.4.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 38

3.4.3 Análise da conformidade legal - Proteção da saúde humana 38

3.4.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação 40

3.5 OZONO (O_3) **41**

3.5.1 Origem do poluente 41

3.5.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 42

3.5.3 Análise da conformidade legal – Proteção da saúde humana 42

3.5.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação 47

3.6 BENZENO (C_6H_6) **48**

3.6.1 Origem do poluente 48

3.6.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 49

3.6.3 Análise da conformidade legal 49

3.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS FACE À REGULAMENTAÇÃO EUROPEIA PARA 2030 E AOS VALORES RECOMENDADOS PELA OMS **50**

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **54**

ANEXO I - NORMAS DE QUALIDADE DO AR (D.L. N.º 102/2010, DE 23 DE SETEMBRO) **56**

ANEXO II – TAXA DE RECOLHA DE DADOS DA REDE DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA CCDR LVT, I.P. EM 2024 ..... **59**

Índice de figuras

Figura 1. Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDRLVT, I.P. 13

Figura 2. Estimativa de emissões de NOx, por sector de atividade (2019) 16

Figura 3. Ciclo diário das concentrações médias horárias de NO_2 nas estações da RLVT em 2024 17

Figura 4. Variação na média anual de NO_2, em relação à média de todos os anos, causada pela variação dos parâmetros meteorológicos 17

Figura 5. Avaliação da conformidade legal do poluente NO_2 para a proteção da saúde humana em 2024 19

Figura 6. Evolução da média anual de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona) 20

Figura 7. Evolução do 19º máximo horário de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona) 21

Figura 8. Mapa da evolução das concentrações de NO_2 nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite 22

Figura 9. Evolução da média anual de NOx nas estações rurais de fundo da RMQA LVT 23

Figura 10. Estimativa de emissões de PM_{10}, por sector de atividade (2019) 24

Figura 11. Concentrações médias diárias de PM_{10} nas estações da RMQA LVT em 2024 26

Figura 12. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2024, para o valor limite anual, para a proteção da saúde humana 28

Figura 13. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2024, para o valor limite diário, para a proteção da saúde humana 29

Figura 14. Evolução do 36.º máximo diário de PM_{10} nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais 31

Figura 15. Evolução da média anual de PM10 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais 31

Figura 16. Mapa da evolução das concentrações de partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite 32

Figura 17. Avaliação da conformidade legal do poluente $PM_{2,5}$,em 2024, para o valor limite para a proteção da saúde humana 33

Figura 18. Evolução da média anual para as partículas $PM_{2,5}$ 33

Figura 19. Estimativa de emissões de CO por sector de atividade (2019) 34

Figura 20. Ciclo diário das concentrações médias horárias de CO nas estações urbanas da RMQA LVT em 2024 35

Figura 21. Avaliação da conformidade legal do poluente CO em 2024, para o valor limite para a proteção da saúde humana 36

Figura 22. Evolução do máximo diário das médias de 8 horas para o CO nas aglomerações da RLVT (valor máximo das estações de cada aglomeração) 36

Figura 23. Estimativa de emissões de SO_2, por sector de atividade (2019) 37

Figura 24. Avaliação da conformidade legal do poluente SO_2 em 2024, para a proteção da saúde humana 39

Figura 25. Evolução do 4º máximo diário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) 40

Figura 26. Evolução do 25º máximo horário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) 40

Figura 27. Evolução da média anual e de inverno de SO_2 nas estações rurais de fundo 41

Figura 28. Ciclo diário das concentrações de NO, NO_2 e O_3 nas estações urbanas de fundo de Lisboa em 2024 .42

Figura 29. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 em 2024, para o valor alvo, para a proteção da saúde humana 43

Figura 30. Avaliação do objetivo de longo prazo para o O_3, para a proteção da saúde humana, em 2024 44

Figura 31. Evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas (valor alvo) para o O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) 45

Figura 32. Mapa da evolução das concentrações O_3 para a proteção da saúde humana, nos últimos 5 anos, nas estações da RMQA LVT, expresso em percentagem do valor alvo 46

Figura 33. Evolução do nº de dias e n.º de horas em ultrapassagem ao limiar de informação de O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) 46

Figura 34. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 para a proteção da vegetação 47

Figura 35. Evolução do AOT40 de O_3 48

Figura 36. Ciclo diário das concentrações de C_6H_6 e NO_2 nas estações de Entrecampos, Olivais e Odivelas em 2024 49

Figura 37. Evolução da média anual de benzeno 50

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Na Região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT), a qualidade do ar é uma das principais preocupações ambientais, sobretudo nas zonas urbanas, onde se concentram as maiores fontes de poluição e onde a população está mais exposta a níveis elevados de poluentes. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição atmosférica é a maior ameaça ambiental para a saúde e uma das principais causas de doenças não transmissíveis, sendo responsável pelo aparecimento de doenças respiratórias e cardiovasculares e pelo seu agravamento. É também a causa de mortes prematuras devido sobretudo a doenças cardíacas e acidentes vasculares cerebrais, seguidas por doenças pulmonares e pelo cancro do pulmão (EEA, 2022).

Nas últimas duas décadas, registou-se uma melhoria significativa da qualidade do ar na RLVT, resultado das políticas de redução de emissões implementadas a nível europeu, nacional e local. No entanto, persistem problemas em áreas de elevada densidade urbana e de tráfego rodoviário mais intenso, especialmente na cidade de Lisboa, onde as concentrações de dióxido de azoto (NO_2) continuam a exceder o valor limite anual para proteção da saúde humana.

Para avaliação regular da qualidade do ar na RLVT, a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. (CCDR LVT, I.P.) dispõe de um conjunto de estações de monitorização, distribuídas por quatro zonas homogéneas de avaliação e gestão da qualidade do ar: as aglomerações da "Área Metropolitana de Lisboa Norte" (AML Norte), "Área Metropolitana de Lisboa Sul" (AML Sul) e "Setúbal" e a zona do "Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal". A avaliação é efetuada nestas estações segue os critérios definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, que atribui às CCDR competências nesta matéria.

Este relatório apresenta o diagnóstico da qualidade do ar ambiente em 2024 para as quatro zonas da RLVT, com base nos resultados dos poluentes monitorizados– dióxido de azoto (NO_2), óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2), ozono (O_3), partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, monóxido de carbono (CO) e benzeno (C_6H_6) -, avaliando a conformidade legal face aos valores regulamentares fixados no Decreto-Lei n.º 102/2010, para a proteção da saúde humana e para a proteção da vegetação, e analisando a evolução das concentrações entre 2001 e 2024.

Face à publicação, em outubro de 2024, da Diretiva (UE) 2024/2881 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, que estabelece objetivos de qualidade mais rigorosos para um conjunto de poluentes, mais harmonizados com as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), que em 2021 atualizou os valores guia para um conjunto de seis poluentes (NO_2, SO_2, O_3, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$ e CO), é também analisado o número de estações da RMQA LVT que, em 2023 e 2024, ultrapassaram estes valores e os novos limites europeus, que terão de ser cumpridos em 2030.

REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

2. REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Em 2024, a RMQA LVT integrou 24 estações de monitorização, maioritariamente localizadas em áreas urbanas da RLVT. Nestas estações são monitorizados os poluentes CO, NO_x (NO e NO_2), SO_2, O_3, partículas PM_{10} e $PM_{2.5}$ e C_6H_6, para os quais a regulamentação nacional define níveis de concentração que não devem ser ultrapassados.

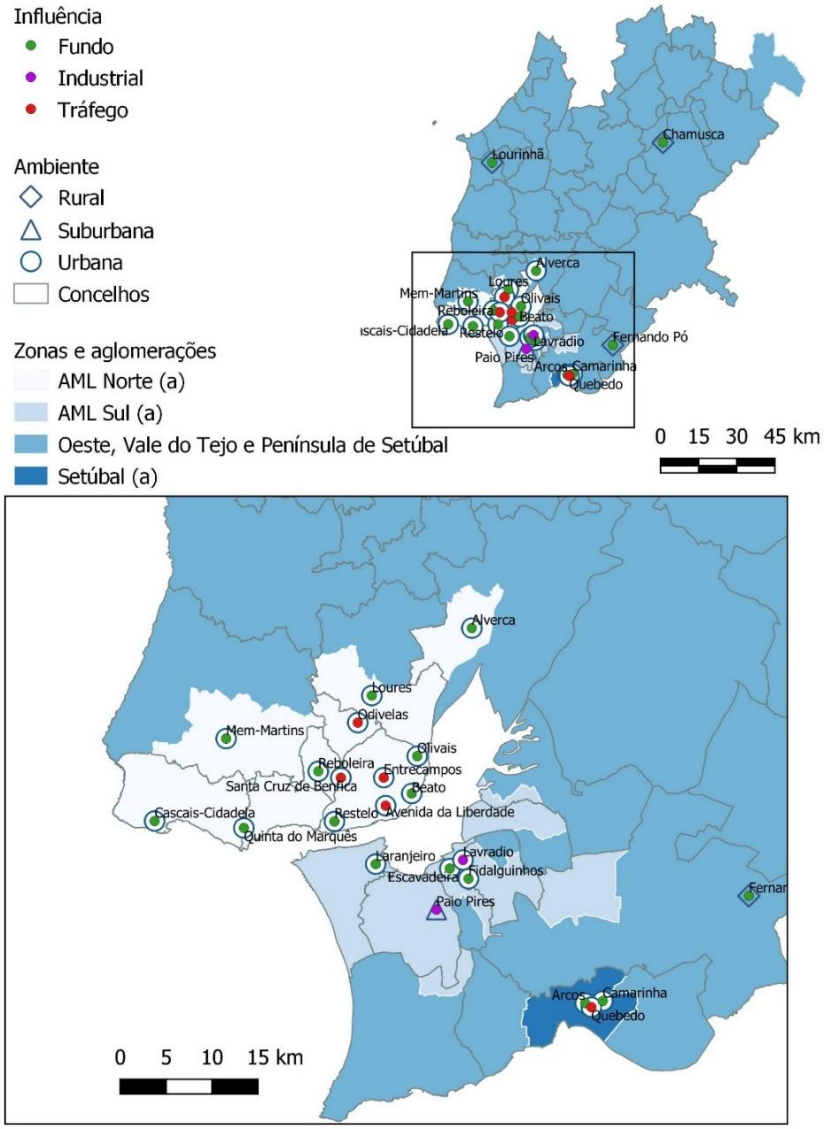
As estações de monitorização estão distribuídas por locais representativos de diferentes tipos de ambientes - rurais, suburbanas e urbanas – e apresentam três tipologias distintas, dependentes das emissões dominantes nas zonas onde se encontram instaladas, de modo a representarem diferentes tipos de exposição da população à poluição atmosférica:

- Tráfego: Estações próximas de vias com tráfego intenso, avaliam a exposição máxima da população às emissões rodoviárias. Esta exposição é, regra geral, de curta duração, mas os níveis de poluição observados são normalmente elevados;
- Fundo: Estações afastadas de fontes diretas de poluição, representam a qualidade do ar ambiente a que a população está exposta durante mais tempo, sendo representativas de uma vasta área na sua envolvente;
- Industriais: Estações situadas junto a zonas industriais ou em zonas sob a influência das suas emissões. Avaliam concentrações de poluentes de origem industrial às quais a população pode estar pontualmente exposta.

As duas estações industriais da RMQA LVT localizam-se na Área Metropolitana de Lisboa Sul, próximas das zonas industriais do Barreiro e de Paio Pires (Seixal). As três estações rurais de fundo situam-se na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal, permitindo avaliar a poluição de fundo e o impacto de poluentes secundários, como o O_3. As concentrações dos poluentes, registadas nas estações rurais de fundo, têm normalmente origem natural ou são devidas ao transporte a longa distância à escala regional.

A Figura 1 apresenta a localização das estações da RMQA LVT por tipologia.

Figura 1. Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDRLVT, I.P.



RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR

3. RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR

Neste capítulo apresenta-se a avaliação da conformidade legal das concentrações dos poluentes NO_2 e NO_x, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, CO, SO_2, O_3 e C_6H_6, registadas nas estações da RMQA LVT em 2024. Esta avaliação tem por base os objetivos de qualidade do ar para a proteção da saúde humana e para a proteção da vegetação definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual (ver Anexo I). As estatísticas anuais calculadas para estes poluentes podem ser consultadas no *site* da CCDR LVT, I.P, na folha de cálculo Estatísticas da rede de monitorização da qualidade do ar da CCDR LVT, I.P. no período 2001-2024.

A verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade do ar para proteção da vegetação, definidos para os poluentes SO_2, NO_x e O_3, é realizada apenas para as estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó. Estas estações são as únicas da RMQA LVT cujas localizações cumprem os critérios estabelecidos para a avaliação destes objetivos, uma vez que os respetivos valores se aplicam exclusivamente a áreas situadas a mais de 20 km de aglomerações e a mais de 5 km de outras zonas urbanizadas, instalações industriais ou vias principais com tráfego superior a 50 000 veículos/dia.

Para o período compreendido entre 2001 e 2024 é também efetuada uma análise da evolução das concentrações dos poluentes acima referidos, suportada pela representação gráfica dos indicadores que permitem a avaliação da conformidade legal destes poluentes.

Para todos os poluentes são representados graficamente apenas os resultados das estações da RMQA LVT que, em cada ano, apresentaram uma taxa de recolha de dados igual ou superior a 85%, com exceção do benzeno, para o qual são consideradas as estações com uma taxa mínima de 35%. Estas percentagens são as legalmente exigidas para o cálculo de indicadores anuais estatisticamente representativos, que permitem verificar o cumprimento dos objetivos de qualidade do ar. A percentagem de recolha de dados obtida em 2024 nas estações da RMQA LVT apresenta-se no Anexo II.

No último subcapítulo é ainda apresentada uma avaliação do número de estações que, em 2023 e 2024, ultrapassaram as normas definidas na nova diretiva de qualidade do ar - DIRETIVA (UE) 2024/2881 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2024, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, com metas para cumprimento em 2030, e os valores guia recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), considerando a atualização efetuada para os poluentes NO_2, SO_2, O_3, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$ e CO, em 2021.

3.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO_2 e NO_x)

3.1.1 Origem e emissões do poluente

A combinação do azoto e do oxigénio do ar dá origem a compostos de fórmulas químicas diversas, agrupados sob a designação comum de óxidos de azoto (NO_x). Os compostos de maior interesse para a qualidade do ar são o monóxido de azoto (NO) e o dióxido de azoto (NO_2), embora apenas este último seja objeto de regulamentação.

O NO_2 é um gás acastanhado, facilmente detetável pelo odor, muito corrosivo e um forte agente oxidante. O NO é um gás incolor, insípido, inodoro e pouco tóxico, não sendo considerado um poluente perigoso para as concentrações normalmente presentes na atmosfera.

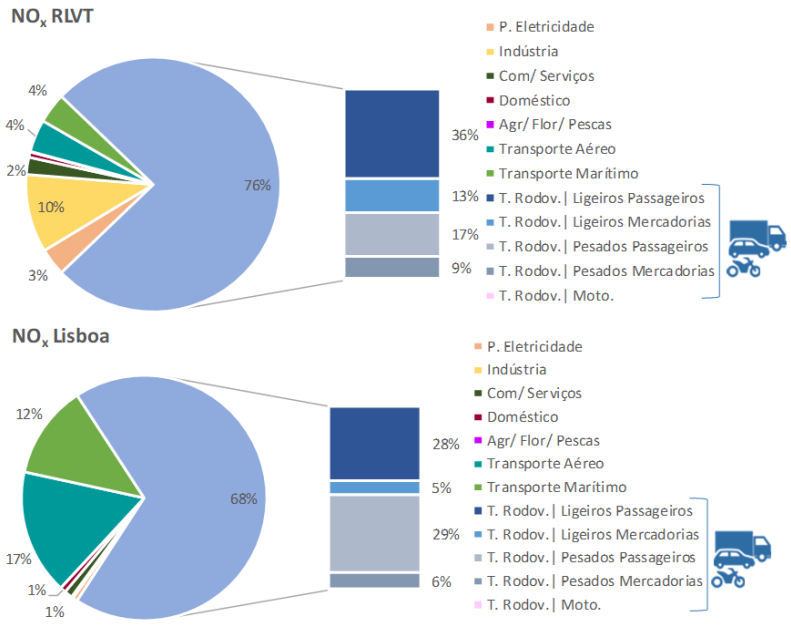
Os NO_x resultam principalmente da combustão de combustíveis fósseis a altas temperaturas. As principais fontes antropogénicas destes compostos são as centrais termoelétricas, os transportes rodoviários e outros meios de transporte, bem como alguns processos industriais, como a indústria química de produção de fertilizantes azotados. Entre as fontes naturais de NO_x destacam-se as trovoadas e os incêndios florestais.

Em áreas urbanas a principal fonte de NO_x são os veículos automóveis, o que faz com que as concentrações deste poluente acompanhem geralmente as variações do tráfego rodoviário. A maioria das emissões de NO_x pelos veículos ocorre sob a forma de NO, sendo este posteriormente convertido em NO_2 por reação com o oxigénio (O_2) ou com o O_3 presentes na atmosfera. A oxidação do NO pelo O_2 é uma reação lenta, permitindo que o NO permaneça na atmosfera durante períodos prolongados. Em contraste, a reação com o O_3 é rápida, sendo a sua taxa de transformação dependente das concentrações destes compostos na atmosfera.

A Figura 2 apresenta a estimativa de emissões de NO_x por sector de atividade, para o ano de 2019, na RLVT e no concelho de Lisboa. Na RLVT, o tráfego rodoviário é responsável por cerca de 76% das emissões totais de NOx, seguido pelos setores da Indústria e Construção, que contribuem com 10%.

No concelho de Lisboa, o peso do transporte rodoviário é um pouco menor (68%), destacando-se aqui também o transporte aéreo e o transporte marítimo, com 17% e 12% das emissões, respetivamente. No sector do transporte Rodoviário, há que destacar que os veículos pesados de passageiros (29%) apresentam emissões muito semelhantes aos ligeiros de passageiros (28%).

Figura 2. Estimativa de emissões de NOx, por sector de atividade (2019)



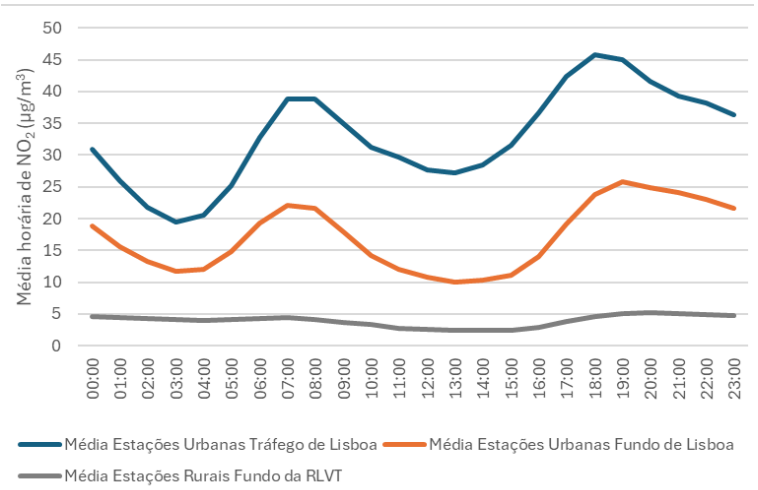
Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

A variação das concentrações de NOx nas estações da RMQA LVT é influenciada não só pela variabilidade das emissões atmosféricas, mas também pela complexidade dos fenómenos meteorológicos que condicionam a dispersão ou, pelo contrário, a acumulação destes poluentes.

Em meio urbano os NOx apresentam normalmente dois picos diários, nas horas de ponta da manhã e da tarde, coincidentes com as horas de maior intensidade de tráfego rodoviário. A Figura 3, que representa o ciclo diário

das concentrações de NO_2 em 2024, nas diferentes tipologias de estações da RMQA LVT, evidencia claramente a influência das emissões do tráfego rodoviário na variação deste poluente, observando-se concentrações mais elevadas nas estações localizadas em zonas de maior tráfego rodoviário.

Figura 3. Ciclo diário das concentrações médias horárias de NO_2 nas estações da RLVT em 2024

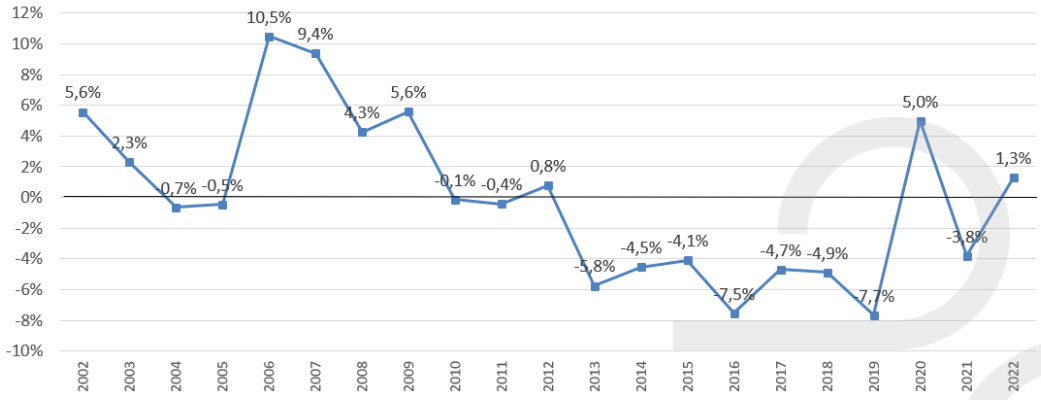


À escala anual, as concentrações de NOx tendem a ser mais elevadas no período de Outono-Inverno, caracterizado por maiores emissões deste poluente e por condições meteorológicas menos favoráveis à sua dispersão.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da variabilidade anual das condições meteorológicas nas concentrações anuais de NO_2 em Lisboa, têm sido realizados exercícios anuais de modelação (CCDR LVT e Barros, 2023). Nestes exercícios, efetuados para o período de 2002 a 2022, consideraram-se as características físicas da região de Lisboa e emissões constantes para todos os anos e para os vários poluentes atmosféricos, sendo os fatores meteorológicos as únicas variáveis.

Os resultados indicam que a variabilidade meteorológica pode provocar alterações de cerca de 18% nas concentrações médias anuais de NO_2. De acordo com estes resultados (ver Figura 4), o ano de 2006 foi, meteorologicamente, o mais desfavorável para a qualidade do ar, com um acréscimo estimado de cerca de 10% na concentração média anual de NO_2 face à média dos vários anos. Por outro lado, 2019 foi o ano mais favorável, com uma redução estimada de cerca de 8%.

Figura 4. Variação na média anual de NO_2, em relação à média de todos os anos, causada pela variação dos parâmetros meteorológicos



3.1.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O NO_2 em concentrações elevadas pode causar efeitos adversos que vão desde a irritação dos olhos e garganta até à afetação das vias respiratórias, incluindo diminuição da capacidade respiratória, dores no peito, edema pulmonar e danos no sistema nervoso central e nos tecidos. Alguns destes efeitos são de manifestação retardada, não ocorrendo durante ou imediatamente após a exposição.

Os grupos mais sensíveis, como crianças, pessoas asmáticas e indivíduos com bronquites crónicas, são os mais afetados. Este poluente pode ainda aumentar a reatividade a alérgenos de origem natural.

Na presença de compostos orgânicos voláteis (COV) e radiação solar, os NO_x participam na formação do ozono troposférico. O NO_2 é também a principal fonte de nitratos, que constituem uma fração importante das partículas $PM_{2,5}$.

Os NOx contribuem ainda para fenómenos como a acidificação (chuva ácida), a eutrofização de massas de água e a destruição da camada de ozono estratosférico, além de desempenharem um papel no agravamento do efeito de estufa.

3.1.3 Análise da conformidade legal do NO_2 - Proteção da saúde humana

Para o NO_2 a legislação em vigor estabelece, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 200 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 18 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m^3.

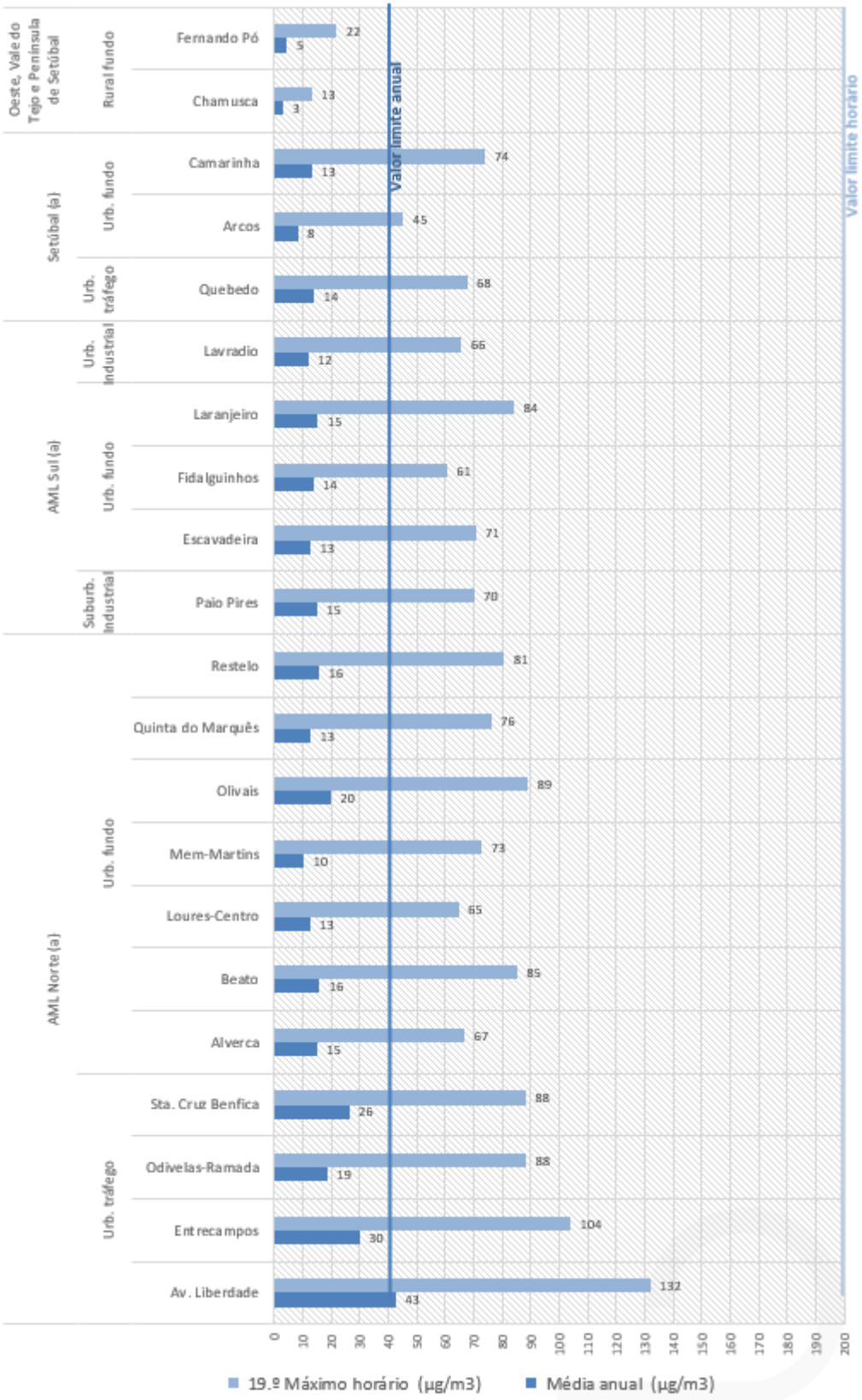
Ambos os valores são de cumprimento obrigatório desde 2010. Contudo, a Diretiva 2008/50/CE, no seu artigo 22.º, prevê a possibilidade de os Estados-Membros solicitarem o adiamento do prazo de cumprimento dos valores limite de NO_2 por um período máximo de cinco anos, mediante determinadas condições e após análise caso a caso pela Comissão Europeia (CE). Neste contexto, Portugal submeteu em 2011 uma notificação para prorrogar o prazo de cumprimento dos VL na aglomeração da AML Norte. A prorrogação foi concedida apenas para o VLH, tornando o seu cumprimento obrigatório nesta zona a partir de 1 de janeiro de 2015.

Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 400 µg/m^3, medido em três horas consecutivas.

A Figura 5 apresenta- a média anual e o 19.º máximo horário de NO_2 nas estações da RMQA LVT em 2024. Estes indicadores permitem avaliar o cumprimento do VLA e do VLH, respetivamente, para proteção da saúde humana.

Neste ano os valores mais elevados de NO_2 observaram-se nas estações urbanas de tráfego da AML Norte, tendo-se verificado, tal como em anos anteriores, o incumprimento do VLA deste poluente na estação da Avenida da Liberdade. Salienta-se o cumprimento do VLH em todas as estações da RLVT, não se tendo verificado, em nenhuma estação, concentrações médias horárias de NO_2 superiores a 200 µg/m^3 (VLH).

Figura 5. Avaliação da conformidade legal do poluente NO_2 para a proteção da saúde humana em 2024

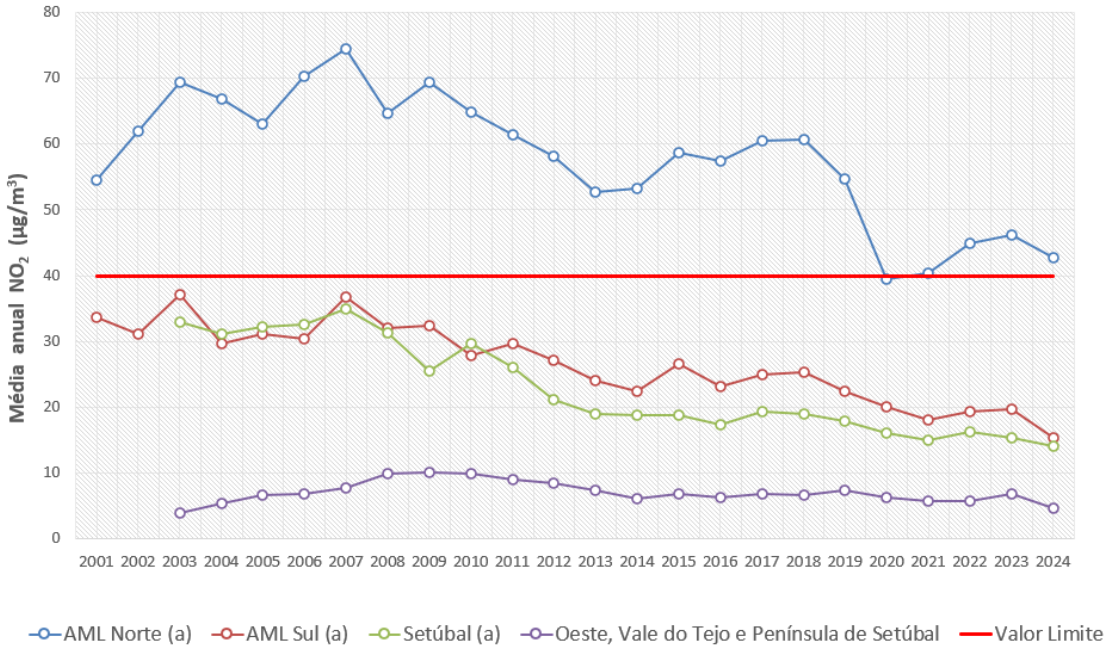


A Figura 6 apresenta a evolução da média anual de NO_2 nas diferentes zonas da RLVT. Entre 2009 e 2013 observou-se uma tendência de redução das concentrações em todas as zonas, refletindo possivelmente os efeitos da crise económica e da consequente diminuição da atividade rodoviária. Contudo, nos anos seguintes, esta tendência inverteu-se, em parte devido à retoma económica, que levou a um aumento da utilização do transporte individual nas deslocações diárias. Adicionalmente, os veículos a diesel mais recentes não apresentaram a redução esperada das emissões de NO_2, contribuindo para o agravamento das concentrações atmosféricas deste poluente

Desde 2001, a média anual de NO_2 tem sido o indicador mais preocupante, devido à ultrapassagem sistemática do VLA em zonas de tráfego intenso da AML Norte, com destaque para a estação da Avenida da Liberdade, em Lisboa. Nesta estação, os valores observados têm sido consistentemente muito superiores ao VLA, evidenciando uma situação crónica de poluição atmosférica no centro da cidade.

Os anos de 2020 e 2021, marcados pelas restrições impostas pela pandemia, foram os primeiros, e únicos, em que não se verificou a ultrapassagem ao VLA de NO_2 nesta estação. Com o retomar gradual da atividade económica em 2022 e 2023, nomeadamente nos sectores do turismo e do comércio e serviços, e com o consequente aumento do tráfego rodoviário em circulação na zona central da cidade, os níveis de NO_2 voltaram a subir, ultrapassando novamente o VLA. Ainda assim, observou-se uma redução significativa face a 2019. Em 2024, registou-se uma nova descida nas concentrações de NO_2, comparativamente a 2022 e 2023.

Figura 6. Evolução da média anual de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)

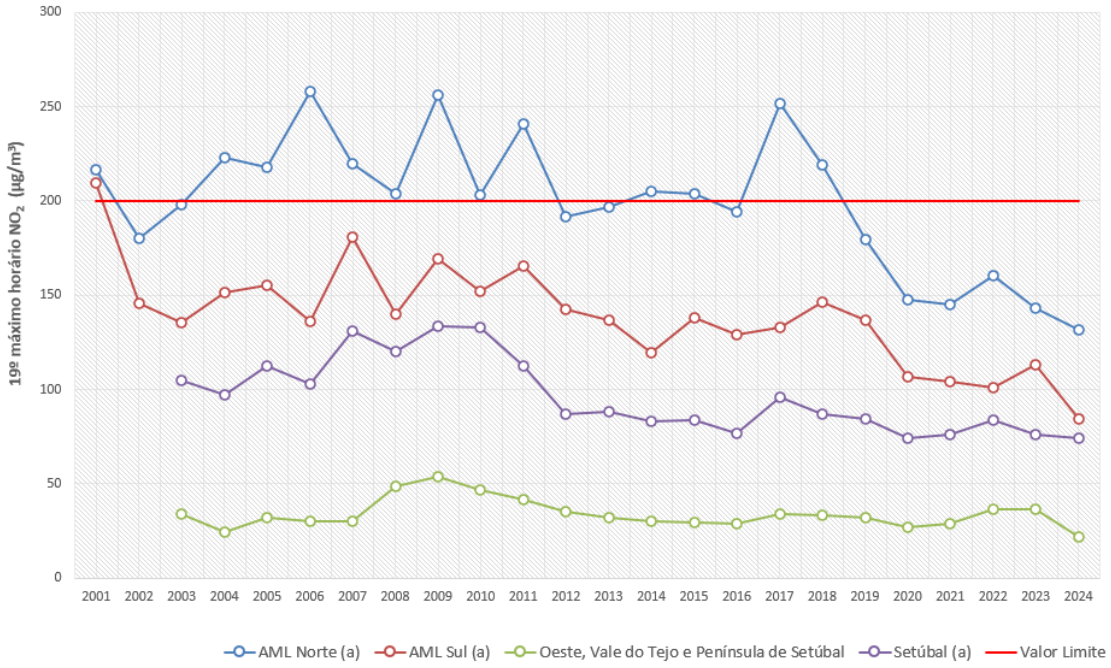


Relativamente à evolução do 19.º máximo horário, indicador que permite avaliar o cumprimento do VLH de NO_2, ilustrada na Figura 7, verifica-se que não tem havido uma tendência muito clara, observando-se grandes flutuações muito relacionadas com a ocorrência, em cada ano, de condições meteorológicas mais ou menos favoráveis à dispersão dos poluentes.

Entre 2002 e 2024 apenas ocorreram ultrapassagens aos VL de NO_2 na aglomeração da AML Norte. Para o VLA as excedências verificaram-se em todos os anos e para o VLH, na maioria dos anos até 2018. Para o VLA esta

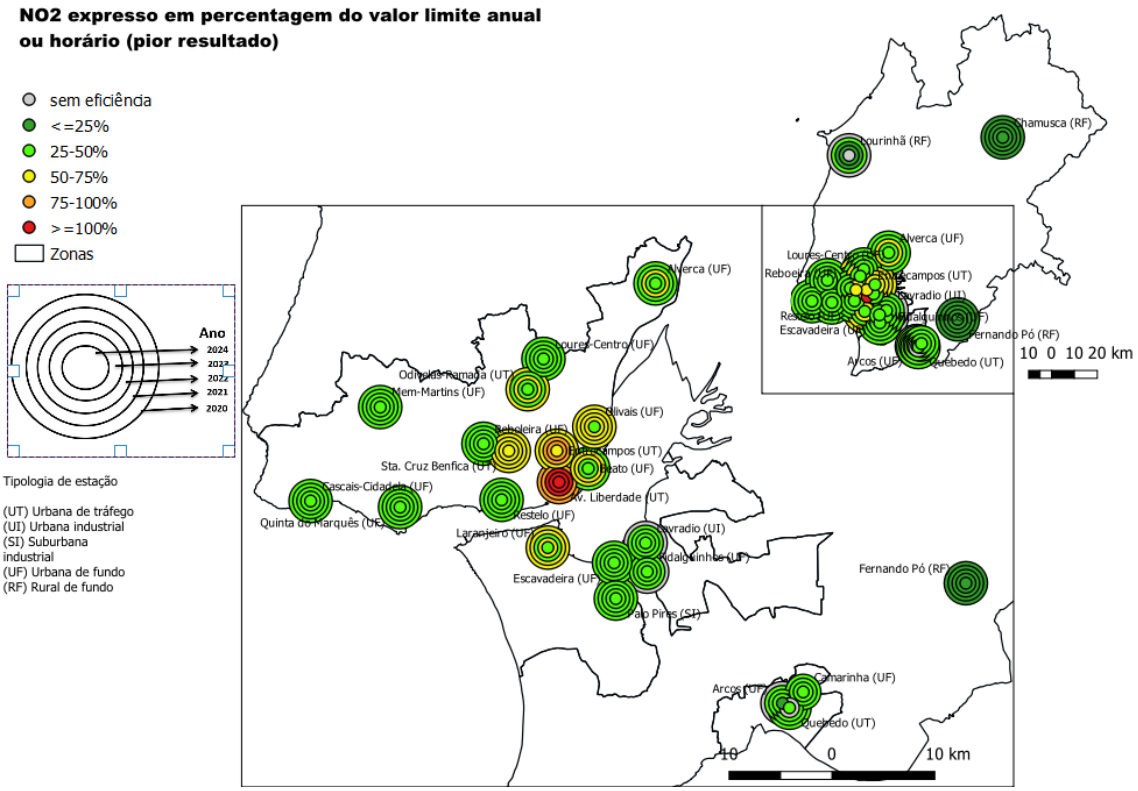
ultrapassagem constitui um incumprimento legal desde 2010 (data de entrada em vigor dos VL deste poluente), tendo esta situação resultado na condenação de Portugal pelo Tribunal de Justiça da União Europeia em 2022. Para o VLH, dada a prorrogação concedida pela CE para o seu cumprimento na AML Norte só a partir de 1 de janeiro de 2015, o incumprimento verificou-se apenas nos anos de 2015, 2017 e 2018. É de sublinhar que, desde 2020, apenas em 2022 se registaram médias horárias superiores a 200 µg/m^3 (VLH) nas estações da RMQA LVT, embora em número inferior ao máximo permitido (18 horas no ano).

Figura 7. Evolução do 19º máximo horário de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)



No mapa da Figura 8 representa-se a evolução das concentrações de NO_2, nos últimos 5 anos (2020 a 2024), em cada estação da RMQA LVT, expressas em percentagem dos VL deste poluente. Os resultados estão agregados de acordo com o pior resultado obtido para os dois VL e a cada círculo corresponde um ano de dados. A análise da figura confirma, mais uma vez, que as concentrações mais elevadas de NO_2 foram registadas nas estações de tráfego da AML Norte, em particular na cidade de Lisboa. Salienta-se que, nos anos de 2020 e 2021, não se verificou qualquer incumprimento dos VL deste poluente e que, nos anos seguintes, voltou a ocorrer o incumprimento na zona central da cidade de Lisboa, representada pela estação da Avenida da Liberdade.

Figura 8. Mapa da evolução das concentrações de NO_2 nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite



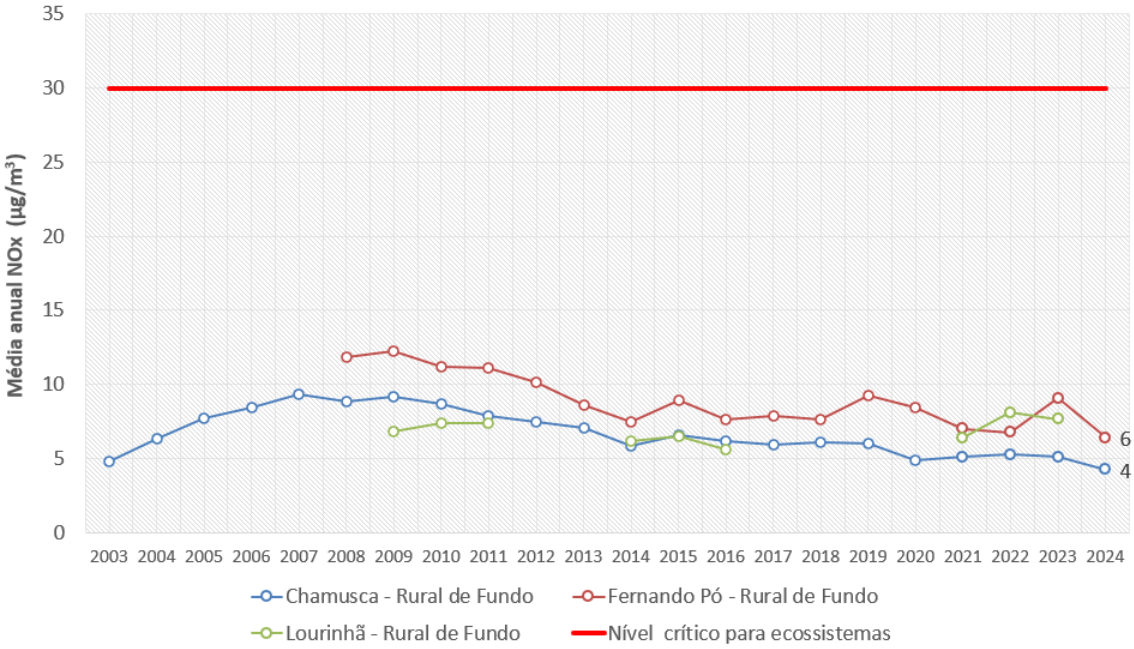
3.1.4 Análise da conformidade legal do NO_x - Proteção da vegetação

Para o NO_x a legislação em vigor fixa um nível crítico para proteção da vegetação (até 2010 designado na legislação em vigor por valor limite), de 30 µg/m^3, avaliado para o valor da média anual.

Em 2024, os valores da média anual de NO_x, nas estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó, foram muito inferiores ao valor estabelecido para o nível crítico deste poluente. Esta situação verifica-se desde o ano 2003, conforme se pode constatar pela análise da Figura 9.

Em termos de evolução verifica-se uma tendência de decréscimo das concentrações de NO_x, tendo-se registado em 2024, nas estações da Chamusca e Fernando Pó, as médias anuais mais baixas desde o início desta análise.

Figura 9. Evolução da média anual de NOx nas estações rurais de fundo da RMQA LVT



3.2 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO (PM_{10} e $PM_{2,5}$)

3.2.1 Origem e emissões do poluente

As partículas são um conjunto complexo de substâncias, minerais ou orgânicas, que se encontram em suspensão na atmosfera, sob a forma líquida ou sólida.

O seu tamanho pode variar entre algumas dezenas de nanómetros e uma centena de micrómetros (µm). As partículas finas, cujo diâmetro aerodinâmico é inferior a 10 µm, são designadas por "PM10", enquanto as "PM2,5", de diâmetro mais reduzido, dizem respeito às partículas com um diâmetro inferior a 2,5 µm.

As partículas são emitidas para a atmosfera a partir de uma gama variada de fontes antropogénicas sendo as mais importantes a queima de combustíveis fósseis, o tráfego rodoviário e determinados processos industriais. Podem também resultar de atividades agrícolas, da exploração de massas minerais e de obras diversas. As emissões de partículas PM2.5 estão essencialmente associadas ao transporte rodoviário, à queima de madeira para aquecimento doméstico, à agricultura e a alguns processos industriais. Estas substâncias podem também ser emitidas por fontes naturais como os vulcões, fogos florestais ou resultar da ação do vento sobre o solo e superfícies aquáticas.

A composição das partículas em suspensão na atmosfera é muito variável, refletindo a grande variedade de fontes emissoras, e a constante transformação que sofrem devido à sua interação com outros constituintes da atmosfera. A fração grosseira inclui elementos abundantes da crosta terrestre e sais marinhos, tais como, alumínio, cálcio, ferro, potássio e sílica. Já a fração fina é sobretudo constituída por sulfatos, nitratos ou amónia, carbono, compostos orgânicos e metais, provenientes essencialmente da queima de combustíveis fósseis e de numerosos processos industriais.

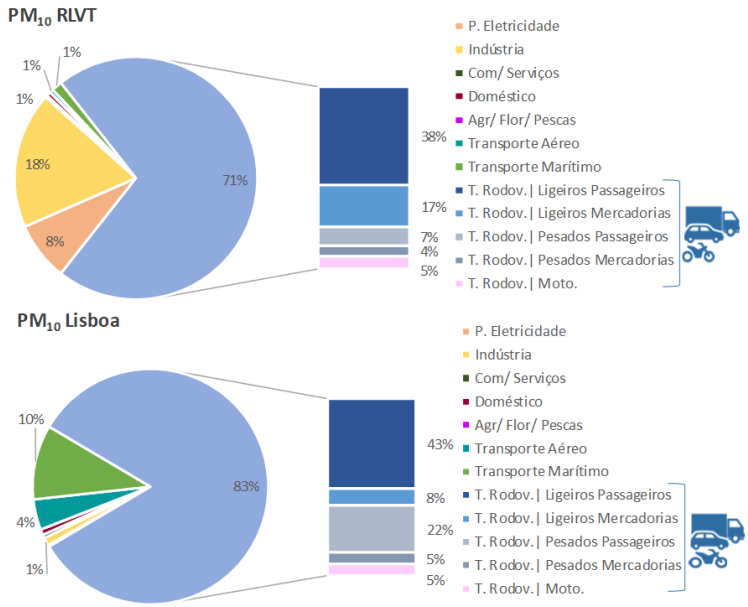
As partículas em suspensão na atmosfera classificam-se em primárias e secundárias. As primárias são diretamente emitidas para a atmosfera, tanto por fontes naturais como por atividades humanas. As secundárias, especialmente as da fração $PM_{2.5}$, formam-se através de reações químicas envolvendo gases e outras partículas presentes na atmosfera. Os gases precursores mais frequentemente envolvidos neste tipo de reações são os NO_x, o SO_2 e os COV, que podem originar, respetivamente, nitratos, sulfatos e diversos compostos de carbono orgânico.

Em zonas urbanas, os transportes rodoviários são considerados uma fonte importante de partículas, observando-se as maiores concentrações na proximidade de vias de tráfego intenso. Estas partículas resultam não só das emissões diretas dos escapes dos veículos, mas também de processos de abrasão (desgaste de pneus, travões e da superfície da estrada) e da ressuspensão de poeiras acumuladas nas estradas. Em geral, os veículos a gasóleo emitem uma quantidade superior de partículas finas por veículo, comparativamente aos veículos a gasolina.

Na Figura 10 apresenta-se a estimativa de emissões antropogénicas de PM10, por sector de atividade, na RLVT e na cidade de Lisboa, para o ano de 2019.

Na RLVT as partículas PM_{10} são essencialmente emitidas pelo tráfego rodoviário, mas têm também origem em fontes industriais e na produção de eletricidade. As estimativas de emissões para esta região indicam que o sector dos transportes rodoviários representa cerca de 71% das emissões totais. Neste sector, é significativa não só a contribuição das emissões de escape, principalmente de veículos a gasóleo, mas também dos processos de abrasão resultantes do desgaste dos pneus, travões e da superfície da estrada. Na cidade de Lisboa o peso do sector dos transportes rodoviários é ainda mais expressivo, estimando-se que represente cerca de 83% das emissões de PM_{10}. Destacam-se ainda os sectores do transporte aéreo e marítimo com uma contribuição, respetivamente, de 4% e 10%.

Figura 10. Estimativa de emissões de PM_{10}, por sector de atividade (2019)



Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

Na bacia Mediterrânica e nos arquipélagos do Atlântico, os eventos naturais de intrusão de massas de ar, transportando partículas em suspensão, com origem nos desertos do Norte de África, são também uma fonte natural importante de partículas. Em Portugal este fenómeno ocorre com alguma frequência.

Embora as concentrações de partículas PM_{10} registadas nas estações urbanas da RMQA LVT sejam influenciadas pelas emissões do tráfego automóvel, em meio urbano estas podem também resultar de outras fontes. Verifica-se, assim, que o aumento das concentrações durante as horas de ponta é significativamente mais atenuado do que o observado para outros poluentes como o CO e os NO_x. mantendo-se níveis elevados de partículas em períodos em que já se observa o decréscimo das concentrações desses poluentes. Este comportamento poderá também ser explicado pela ocorrência de fenómenos de ressuspensão de partículas e também pela formação de partículas secundárias, resultantes de reações químicas na atmosfera.

3.2.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Quanto menor é a dimensão das partículas, maior é a probabilidade de penetrarem profundamente no aparelho respiratório e, consequentemente, maior o risco de provocarem efeitos negativos na saúde. As partículas com diâmetro inferior a 10 µm (PM_{10}) são as mais nocivas, uma vez que conseguem atingir as vias respiratórias. As mais finas, como as partículas $PM_{2,5}$, podem atingir os alvéolos pulmonares e interferir nas trocas gasosas. A exposição crónica a estas partículas está associada ao aumento do risco de doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como ao desenvolvimento de cancro de pulmão.

As partículas em suspensão são também um veículo eficaz para o transporte de outros poluentes atmosféricos nocivos, que se fixam à sua superfície, especialmente hidrocarbonetos e metais pesados. Estas substâncias são muitas vezes transportadas até aos pulmões onde podem depois ser absorvidas para o sangue e tecidos.

Os efeitos de sujidade nos edifícios e monumentos são os efeitos mais evidentes das partículas nos materiais. Na atmosfera, as partículas intervêm no ciclo da água, influenciando a formação das nuvens, nevoeiros e precipitação, podendo ainda influenciar o clima ao absorverem e difundirem a radiação solar.

As dimensões das partículas finas são da ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível podendo, por este motivo, reduzir sensivelmente a visibilidade.

3.2.3 Análise da conformidade legal das partículas PM10

Para as partículas PM_{10} a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite diário (VLD) de 50 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 35 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m^3.

O atual quadro legal permite que, quando a contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais é significativa, as excedências imputáveis a estas fontes não sejam consideradas para efeitos de cumprimento dos VL fixados. Por contribuições provenientes de fontes naturais entendem-se emissões de poluentes não causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, nas quais se incluem catástrofes naturais como erupções vulcânicas, atividade sísmica, atividade geotérmica, incêndios florestais incontrolados, ventos de grande intensidade, aerossóis marinhos ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas.

Tendo em conta a relevância das fontes naturais para os níveis de partículas em suspensão observados em Espanha e no território nacional, nomeadamente as provenientes do transporte de partículas dos desertos do Norte de África, foi desenvolvida uma metodologia ibérica para avaliar a contribuição destas fontes. Esta contribuição é deduzida previamente à avaliação do cumprimento dos valores limite de PM_{10}.

A identificação e avaliação dos descontos da contribuição dos eventos naturais, para as concentrações diárias de PM_{10} registadas nas estações de monitorização da qualidade do ar, é elaborada anualmente pela FCT/UNL para a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P (APA, I.P.). A informação relativa aos descontos para 2024 consta do relatório "Identificação e avaliação da ocorrência de eventos naturais em Portugal em 2024" (APA e FCT/UNL, 2024).

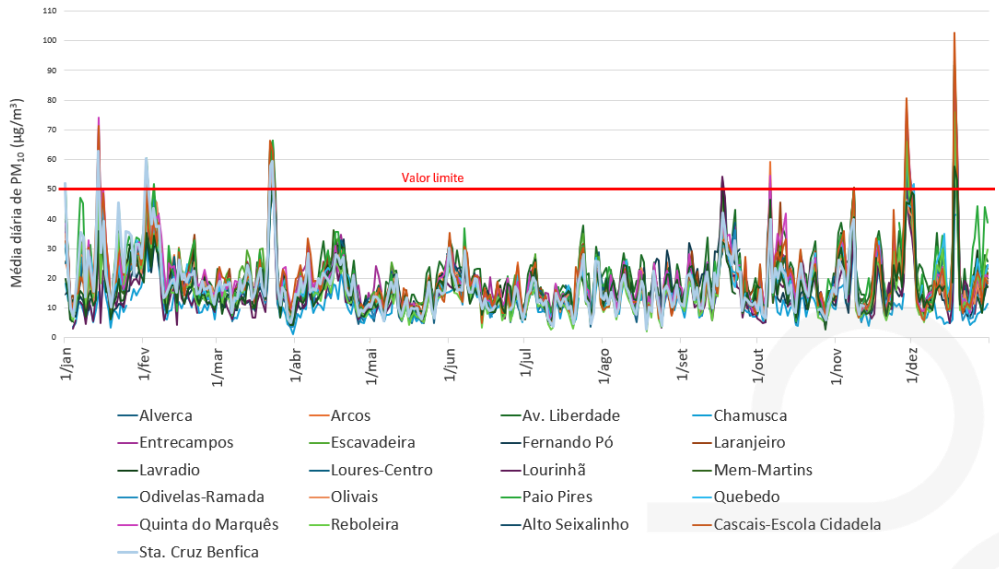
Na Tabela 1 apresenta-se, para 2024, a lista dos dias com ultrapassagem do VLD nas estações da RMQA LVT, indicando-se os valores registados em cada estação e identificando-se os dias em que ocorreram eventos naturais.

Neste ano, do total de 16 dias com ultrapassagens ao VLD de partículas PM_{10} em estações da RMQA LVT (ver Figura 11), verificou-se a ocorrência de eventos naturais em 15 desses dias.

Tabela 1. Ultrapassagens do VLD de PM_{10} nas estações da RMQA LVT em 2024

Data		01-01-2024	14-01-2024	15-01-2024	02-02-2024	05-02-2024	22-03-2024	23-03-2024	17-09-2024	06-10-2024	08-11-2024	29-11-2024	30-11-2024	01-12-2024	02-12-2024	18-12-2024	19-12-2024	Nº de dias em ultrapassagem ao VLD
Dia de eventos naturais			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
AML Norte	Alverca	30	47	26	48	39	55	61	28	47	48	57	42	43	32	92	40	4
	Av. Liberdade	38	71	43	58	48	64	66	54	50	51	73	58	47	40	85	61	10
	Entrecampos	36	63	40	50	45	51	59	37	47	46	63	52	45	35	80	52	7
	Sta. Cruz Benfica	52	63	29	60	44	58	59	42	40	40							5
	Quinta do Marquês	39	74	43	52	41	53	58	39	55	48	77	59	46	43	90	65	9
	Reboleira	50	46	18	47	35			33		43	66	48	44	37	76	41	2
	Cascais-Escola Cidadela	32	71	37	52	41	66	63	33	45	51	81	56	45	39	103	59	9
	Loures-Centro	25	55	34	45	38	60	65		52	47	59	53	46	36	81	55	8
	Mem-Martins	46	42	22	50	37	63	63	36	47	51	64	56	47	43	92	50	6
	Odivelas-Ramada	33	52	30	52	46	55	60	33	48	47	61	44	44	38	71	45	6
	Olivais	35	47	33	51	42	49	59	38	44	41	46	42	41	32	70	54	4
AML Sul	Escavadeira	42	61	27	54	48	50	63	48	41	50	61	42	36	31			4
	Laranjeiro	30	63	43	50	42	51	59	42	44	43	59	46	41	33	68	54	6
	Lavradio	40	59	38	46	45	44	63	52	43	46	60	46	41	37	73	62	6
	Paio Pires	49	66	30	61	52	54	66	42	44	49	71	47	46	39	93	65	8
Setúbal	Camarinha	20	36	35	35	34	44	50	32	46	41	46	45	49	48	58	53	2
	Quebedo	32	47	47	43	37	47	49	31	48	43	46	44	51	52	68	62	4
	Arcos	26	53	51	41	37	55	54	29	59	47	53	44	46	46	74	65	8
	Lourinhã		28	5	55	37	61	59	54	33	36	50	39	34	28	81	47	5
Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Fernando Pó	15	39	47	32	31	43	48	37	39	35	49	45	39	41	47	56	1
	Chamusca	18	16	10	34	32	41	54	34	49	33		42	37	30	41	42	1
Nº de estações em ultrapassagem ao VLD		1	12	1	9	1	13	17	3	3	3	14	6	1	1	17	13	21 estações e 16 dias em ultrapassagem ao VLD

Figura 11. Concentrações médias diárias de PM_{10} nas estações da RMQA LVT em 2024



A Figura 12 e a Figura 13 apresentam os resultados relativos às partículas PM_{10} em 2024, considerando os indicadores, média anual e 36º máximo horário, que permitem avaliar, respetivamente, o cumprimento do VLA e VLD definidos para este poluente.

Neste ano verificou-se o cumprimento dos valores limite legislados para as PM_{10} em todas as estações da RMQA LVT, mesmo não considerando a dedução da contribuição dos eventos naturais. A média anual foi, em quase todas as estações, inferior em 50% ao VLA. Relativamente ao VLD, o número de médias diárias superiores a 50 $\mu g/m^3$, não ultrapassou os 10 dias do ano em nenhuma das estações da RMQA LVT.

Após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição destes eventos para as concentrações de PM_{10} registadas, verificou-se uma redução substancial do número de excedências, conforme se pode verificar pela análise da Figura 13. A estação da Avenida da Liberdade foi a que registou o maior número de excedências ao VLD (10 dias, não considerando o desconto dos eventos naturais e 2 dias após o desconto dos eventos naturais), embora em número muito inferior ao permitido pela legislação em vigor (35 dias). É de referir que em 2024, as excedências ao VLD na zona OVTPS e na aglomeração de Setúbal se deveram apenas aos eventos naturais, e nas aglomerações da AML Norte e Sul houve um máximo de 2 dias em ultrapassagem do VLD após o desconto dos eventos.

Figura 12. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2024, para o valor limite anual, para a proteção da saúde humana

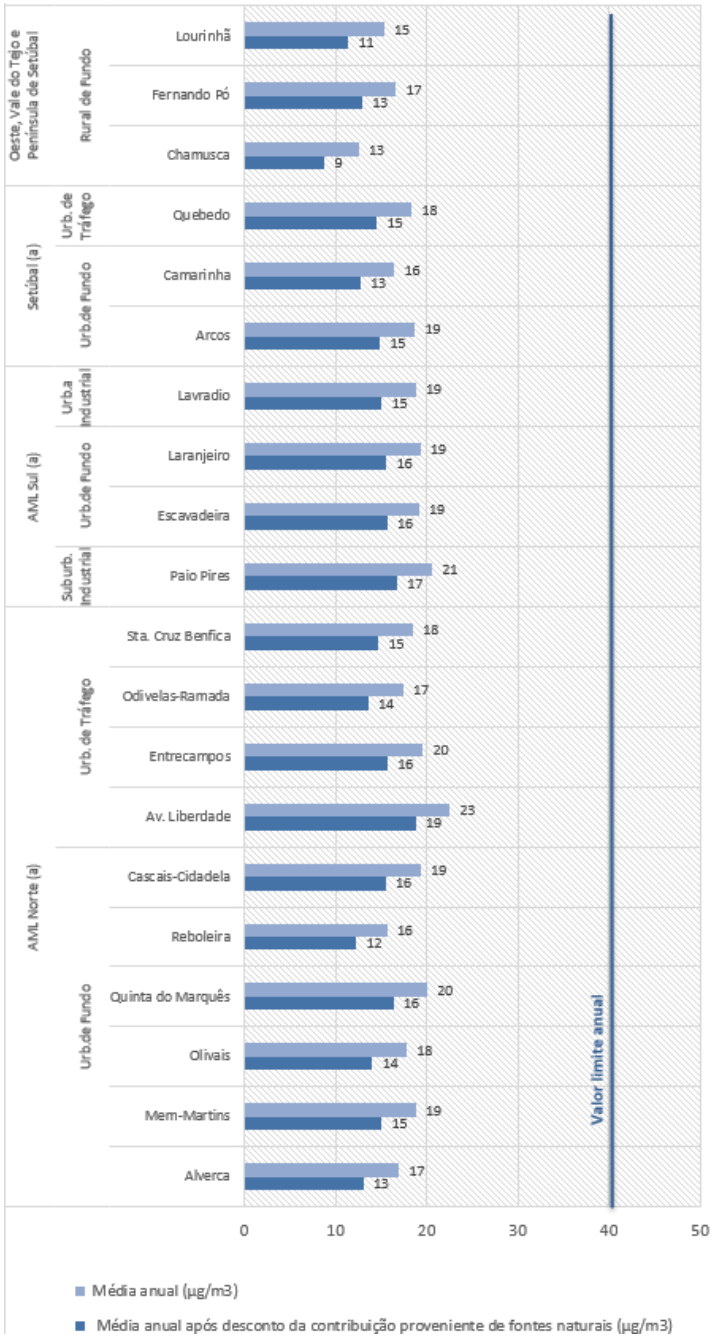
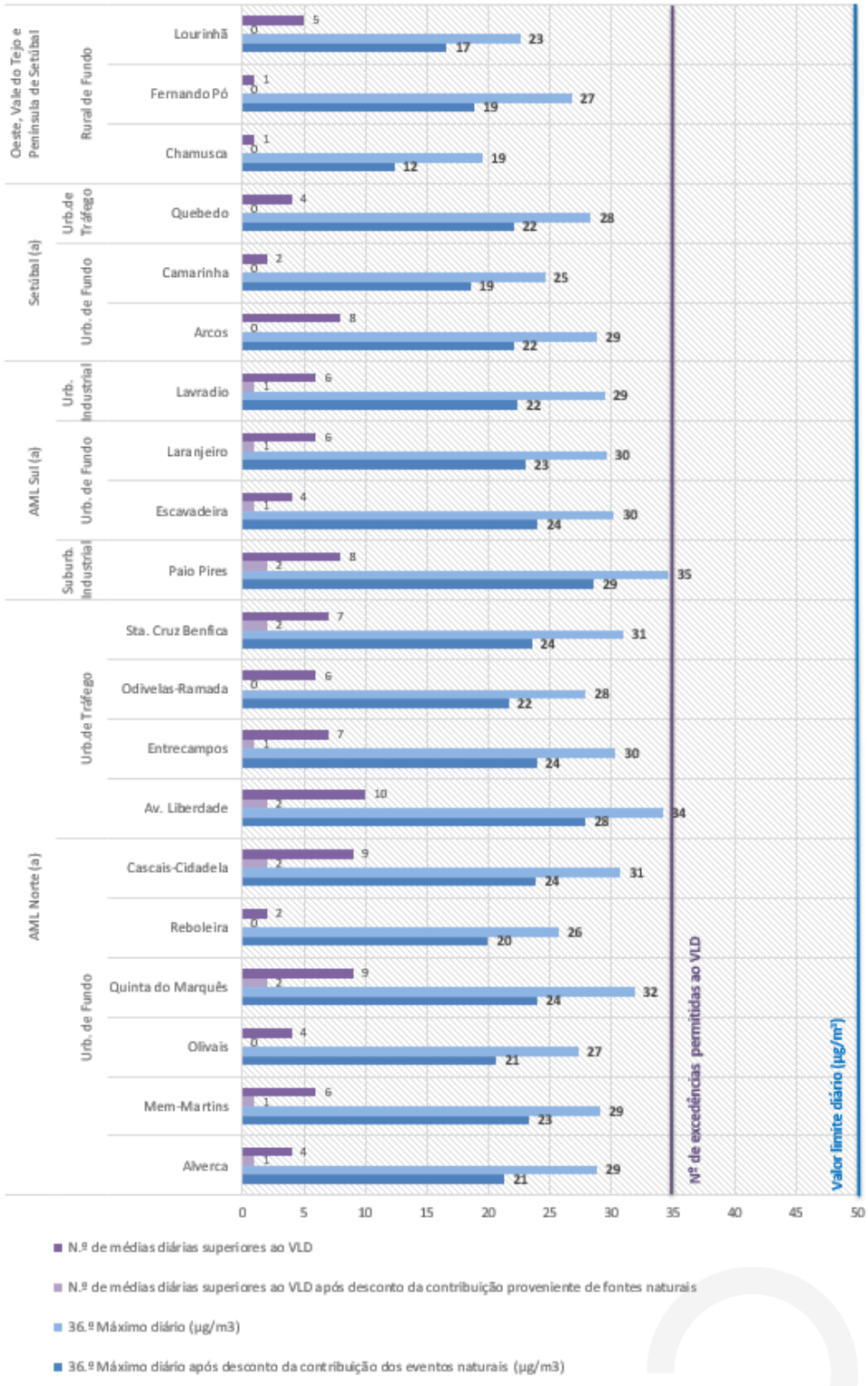


Figura 13. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2024, para o valor limite diário, para a proteção da saúde humana



Relativamente à evolução dos níveis de PM_{10}, a análise das Figuras 14 e 15, onde se encontram representados, respetivamente, os piores resultados do 36.º máximo diário e da média anual de PM_{10} obtidos em cada ano nas estações de cada zona da RLVT, revela uma tendência de decréscimo das concentrações deste poluente nas quatro zonas da região.

Até 2008 observou-se um decréscimo acentuado das concentrações de PM_{10}, seguida, entre 2009 e 2017, por pequenas oscilações, muito relacionadas com a variabilidade das condições meteorológicas e com o número de dias de eventos naturais ocorridos em cada ano. A partir de 2018, a evolução tem sido muito condicionada pela redução de emissões associada à contínua renovação da frota de veículos rodoviários em circulação, mas com algumas flutuações anuais, dependentes do número e da intensidade dos eventos naturais. Descontando a contribuição destes eventos para as concentrações de PM_{10}, observa-se uma notória tendência de descida das concentrações.

Nos últimos anos, com a redução das concentrações de partículas PM_{10}, verifica-se que os níveis registados nas diferentes tipologias de estações da RMQA LVT apresentam diferenças pouco significativas. Em alguns locais de zonas urbanas, os valores observados aproximam-se dos níveis típicos de zonas rurais.

No que respeita à AML Sul, importa referir que, nos anos de 2010, 2012 e 2013, a estação de Paio Pires - que habitualmente apresenta as concentrações mais elevadas nesta aglomeração - não reuniu a quantidade mínima de dados necessária para a avaliação do cumprimento dos valores limite. Esta limitação justifica algumas das oscilações verificadas nesses anos, em que a aglomeração foi representada por outras estações de menores concentrações.

Até 2009 verificou-se o incumprimento sistemático do VLD nas aglomerações da AML Sul e AML Norte e, nos anos seguintes, por diversas vezes, nesta última aglomeração. A partir de 2017 observou-se uma redução significativa das concentrações de PM_{10}, não se verificando desde 2018 a ultrapassagem deste VL em estações da RLVT.

Na zona rural do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal nunca se registou o incumprimento dos VL de PM_{10}, no entanto, registaram-se, em alguns anos, médias diárias relativamente elevadas, em situações de ocorrência de eventos naturais e de incêndios florestais.

Figura 14. Evolução do 36.º máximo diário de PM_{10} nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais

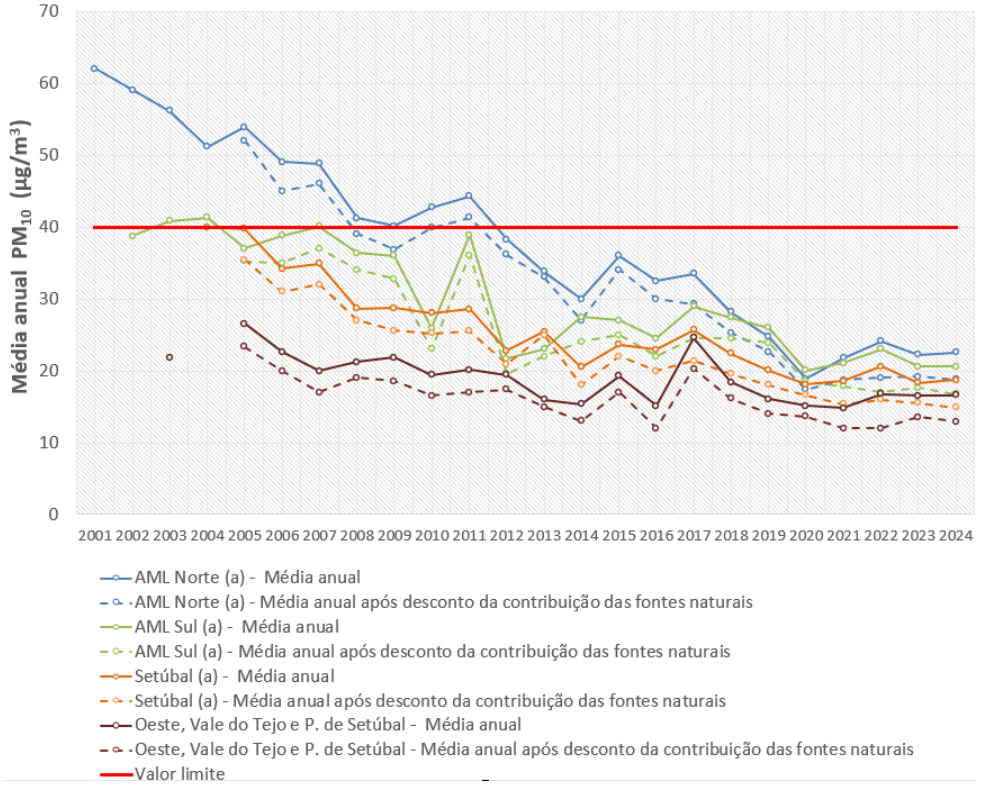
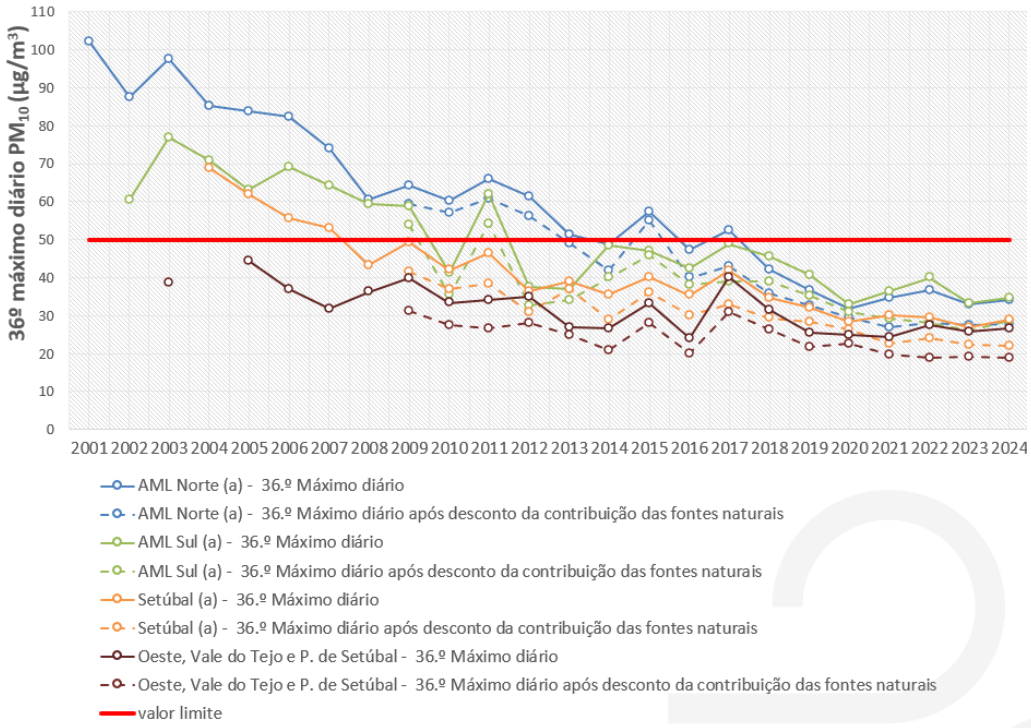


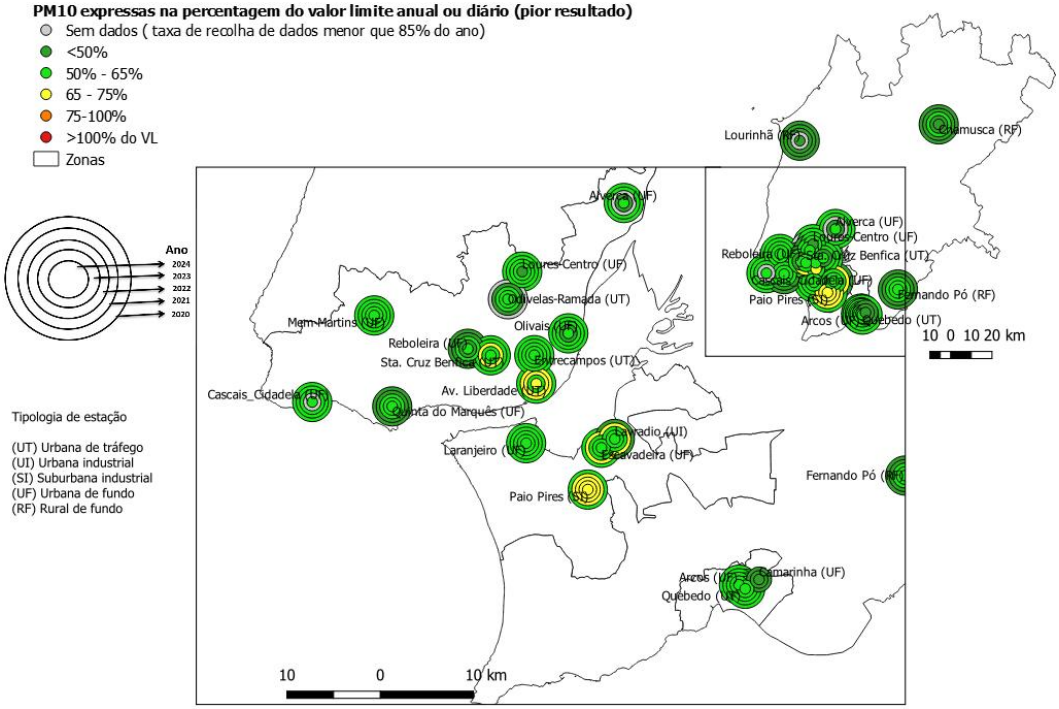
Figura 15. Evolução da média anual de PM10 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais



O mapa da Figura 16 representa a evolução das concentrações de partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos VL, não considerando o desconto dos eventos naturais. Os resultados estão agregados com base no pior resultado registado para os dois VL deste poluente, sendo que cada círculo representa os dados de um ano.

A análise da figura evidencia uma tendência de decréscimo generalizado das concentrações de partículas PM_{10}, nos últimos anos (2020-2024), em todas as zonas da RLVT. As concentrações mais elevadas deste poluente têm sido registadas na estação industrial de Paio Pires, localizada na AML Sul, e na estação de tráfego da Avenida da Liberdade, localizada na AML Norte.

Figura 16. Mapa da evolução das concentrações de partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite



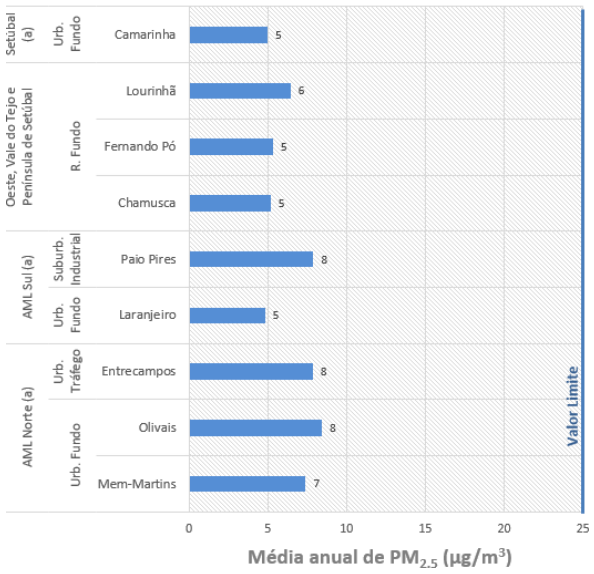
3.2.4 Análise da conformidade legal das partículas $PM_{2,5}$

Para o poluente $PM_{2,5}$ a legislação em vigor define um valor alvo e um valor limite, ambos de 25 µg/m^3, avaliados através da média anual. Esta concentração está definida como valor alvo para o ano de 2010 e como valor limite de cumprimento obrigatório a partir de 1 janeiro de 2015.

Uma vez que não foi possível definir um limiar abaixo do qual as $PM_{2,5}$ não constituem um problema para a saúde humana, na legislação em vigor está também definido o objetivo de alcançar a redução contínua das concentrações urbanas de fundo deste poluente, tendo sido estabelecidos objetivos adicionais de exposição da população, baseados no cálculo de um indicador de exposição média (IEM). O IEM corresponde à concentração média anual de três anos consecutivos, determinada em relação a todas as estações urbanas de fundo numa rede de monitorização nacional, estabelecida para esse efeito. Na RLVT integram esta rede as estações de Mem Martins, Olivais e Laranjeiro.

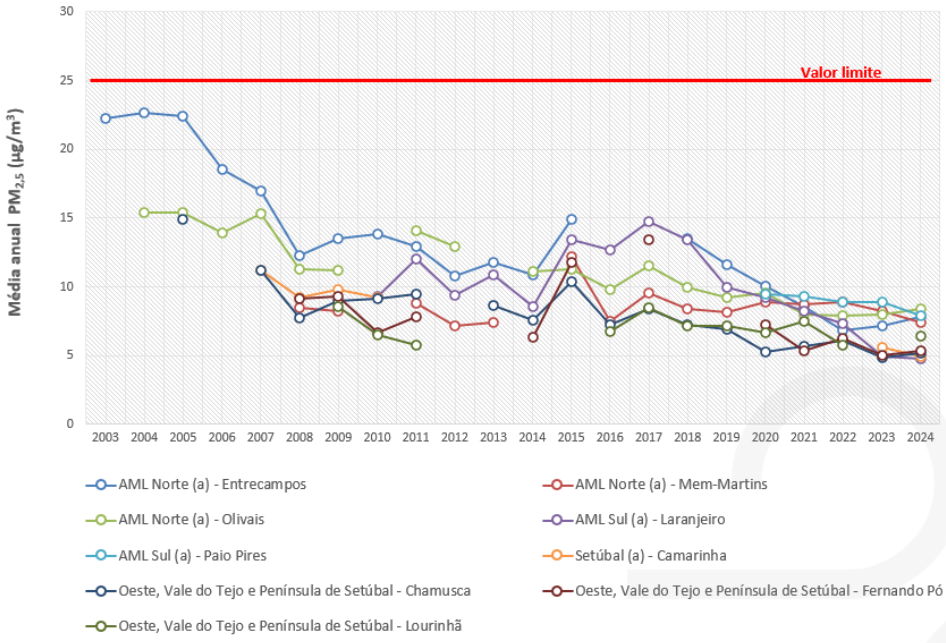
Em 2024 os resultados obtidos para a média anual de $PM_{2,5}$ nas estações da RMQA LVT, apresentados na Figura 17, foram muito inferiores ao valor limite legislado.

Figura 17. Avaliação da conformidade legal do poluente $PM_{2,5}$,em 2024, para o valor limite para a proteção da saúde humana



As médias anuais registadas nas estações da RMQA LVT, desde o início da monitorização deste poluente, nunca ultrapassaram o valor limite estabelecido (ver Figura 18), observando-se entre 2005 e 2008 uma redução das concentrações. De 2008 a 2017 a tendência de evolução das concentrações de $PM_{2,5}$ não é muito clara, mantendo-se, no entanto, os níveis bastante abaixo do valor limite. A partir de 2017, tal como verificado para as PM_{10}, ocorreu um decréscimo contínuo das concentrações, associado à redução das emissões do tráfego rodoviário, em resultado da renovação da frota automóvel. Ainda assim, persistem algumas flutuações devidas às variações inter-anuais das condições meteorológicas e à ocorrência de eventos naturais.

Figura 18. Evolução da média anual para as partículas $PM_{2,5}$



3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (co)

3.3.1 Origem e emissões do poluente

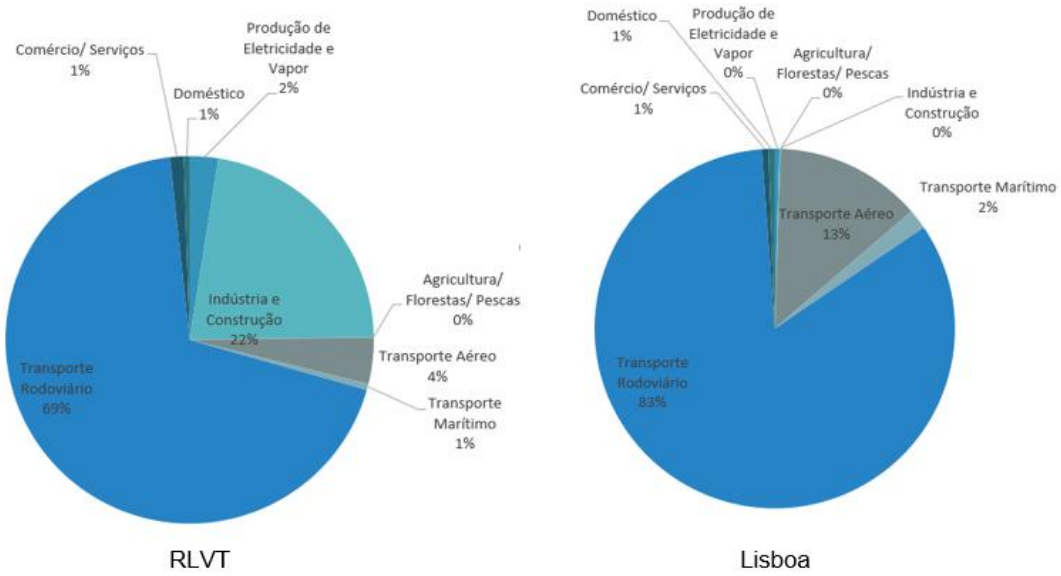
O monóxido de carbono (CO) de origem antropogénica resulta, essencialmente, da combustão incompleta de combustíveis fósseis ou de outras matérias orgânicas. As principais fontes naturais deste poluente são as erupções vulcânicas, os fogos florestais e a decomposição da clorofila.

O CO de origem secundária presente na atmosfera resulta, sobretudo, da oxidação de poluentes orgânicos, como o metano.

Em meio urbano, os gases de escape dos veículos automóveis são a principal fonte de emissão de CO, sendo as zonas de tráfego intenso as que apresentam concentrações mais elevadas deste poluente. As condições de circulação - tráfego mais ou menos fluido - também influenciam os níveis deste poluente, uma vez que as emissões de CO são inversamente proporcionais à velocidade de circulação dos veículos.

Na RLVT o tráfego rodoviário é responsável por cerca de 69% das emissões totais de CO, assumindo um peso significativo face aos restantes sectores que contribuem para as emissões deste poluente (ver Figura 19).

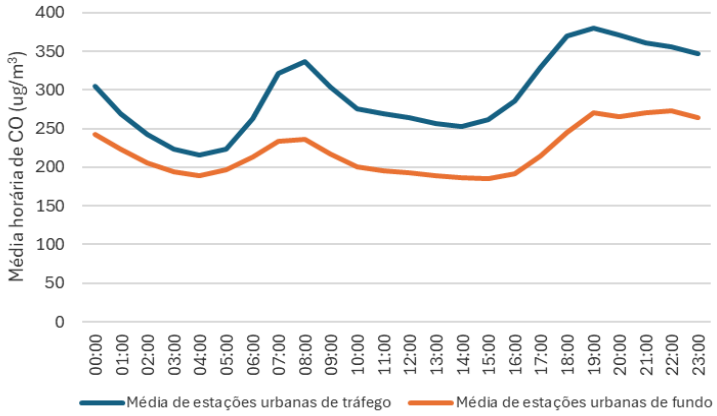
Figura 19. Estimativa de emissões de CO por sector de atividade (2019)



Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

A variação diária das concentrações de CO acompanha a variação do tráfego automóvel, apresentando dois picos diários nas horas de ponta da manhã e da tarde. Embora estes picos sejam mais pronunciados nas estações urbanas de tráfego da RMQA LVT, o perfil é muito semelhante nas estações urbanas de fundo (Figura 20).

Figura 20. Ciclo diário das concentrações médias horárias de CO nas estações urbanas da RMQA LVT em 2024



3.3.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Os efeitos do CO na saúde humana resultam da sua capacidade de se combinar irreversivelmente com a hemoglobina do sangue, substituindo o oxigénio, e comprometendo a oxigenação dos tecidos. A exposição a este poluente pode assim constituir um risco significativo, sobretudo para indivíduos com problemas cardiovasculares. Indivíduos saudáveis também podem ser afetados, mas apenas após exposição a concentrações elevadas.

A inalação de CO pode provocar dores de cabeça e vertigens, que se agravam com o aumento das concentrações deste poluente. Em casos mais severos, podem surgir náuseas e vómitos, e em situações de exposição prolongada, coma ou morte.

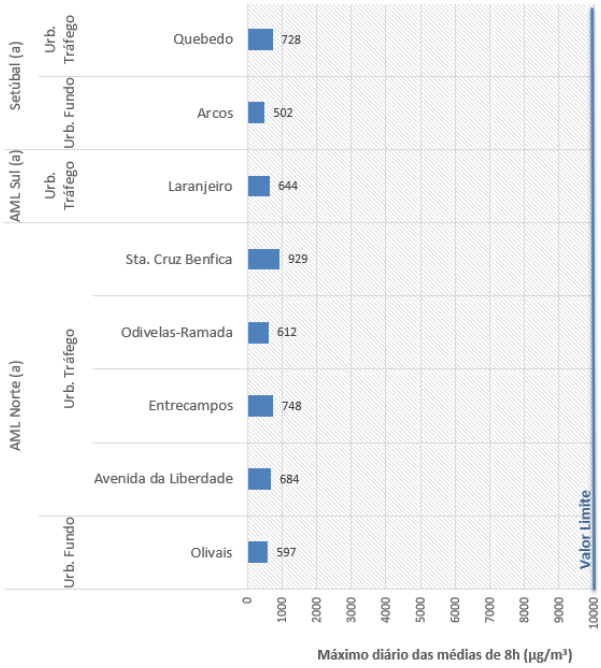
O CO intervém também nos mecanismos de formação do ozono troposférico. Na atmosfera, transforma-se em dióxido de carbono, contribuindo assim, de forma indireta, para o efeito de estufa.

3.3.3 Análise da conformidade legal

Para o CO, a legislação em vigor define um valor limite de 10 mg/m^3 (10 000 µg/m^3), avaliado para o valor máximo diário das médias de 8 horas.

Da análise da Figura 21 verifica-se que em 2024 todas as estações da RMQA LVT registaram um máximo diário das médias de 8 horas muito inferior ao VL definido para este poluente.

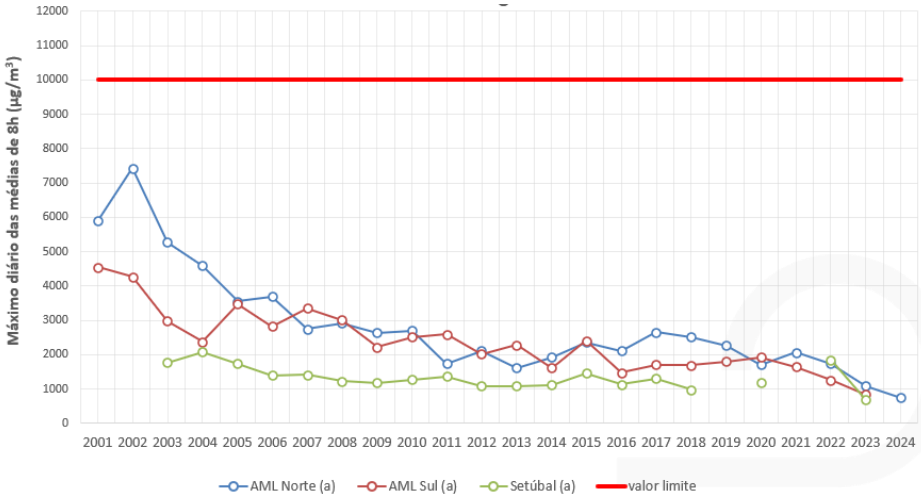
Figura 21. Avaliação da conformidade legal do poluente CO em 2024, para o valor limite para a proteção da saúde humana



No período entre 2001 e 2024 nunca foi ultrapassado o valor limite legislado para o CO nas estações da RMQA LVT (Figura 22). Nos primeiros dez anos verificou-se uma clara tendência de redução das concentrações deste poluente, sobretudo relacionada com o melhor desempenho dos motores de combustão interna dos veículos automóveis. Na última década têm-se verificado pequenas variações nos níveis deste poluente, sem grande significado para a qualidade do ar, uma vez que os valores registados são muito baixos.

Até 2011 o CO foi monitorizado em todas as estações da RMQA LVT, com exceção das estações rurais de fundo. No entanto, devido às concentrações reduzidas deste poluente, e na sequência de um processo de reestruturação da RMQA LVT, a partir de 2012 a monitorização passou a ser efetuada num número mais limitado de estações.

Figura 22. Evolução do máximo diário das médias de 8 horas para o CO nas aglomerações da RLVT (valor máximo das estações de cada aglomeração)



3.4 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2)

3.4.1 Origem e emissões do poluente

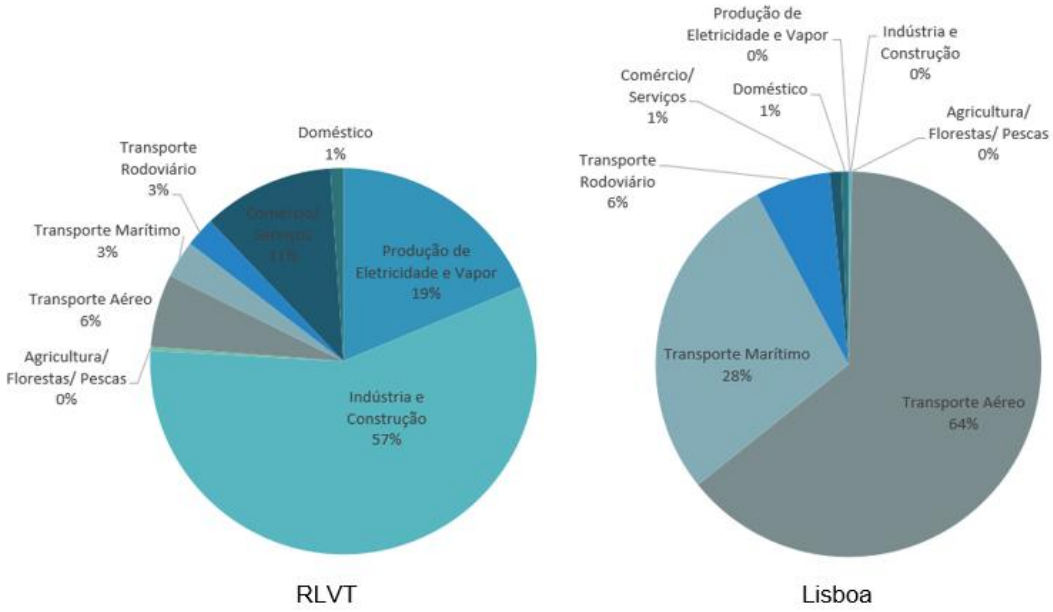
O dióxido de enxofre (SO_2) é essencialmente formado no momento da queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o fuelóleo. As principais fontes antropogénicas são as centrais térmicas e as grandes instalações de combustão industrial, mas o SO_2 tem também origem natural, sobretudo como resultado da atividade dos vulcões e dos fogos florestais.

Na RLVT as emissões de SO_2 provêm maioritariamente de fontes pontuais dos sectores da indústria e da produção de eletricidade e vapor (ver Figura 23). Nos anos mais recentes este último sector tem vindo a perder relevância, devido à substituição de tecnologias de combustão baseadas em fuelóleo e carvão por sistemas que utilizam gás natural, cujo teor de enxofre é residual.

No concelho de Lisboa são ainda de destacar as emissões associadas ao transporte aéreo e marítimo, devido ao tipo de combustível utilizado que, ao contrário do transporte rodoviário, continua a apresentar um teor elevado de enxofre.

As emissões deste poluente na RLVT são, atualmente, bastante baixas, traduzindo-se em concentrações muito reduzidas nas estações da região, como se pode verificar pela informação apresentada nos pontos 3.4.3 e 3.4.4.

Figura 23. Estimativa de emissões de SO_2, por sector de atividade (2019)



Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

3.4.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O SO_2 é um gás irritante para as mucosas e vias respiratórias, podendo provocar, em concentrações elevadas, efeitos agudos e crónicos na saúde humana, sobretudo ao nível do aparelho respiratório. O SO_2 pode igualmente agravar problemas cardiovasculares devido ao seu impacto na função respiratória.

A presença simultânea de dióxido de enxofre e partículas na atmosfera pode potenciar ou agravar os efeitos de doenças respiratórias crónicas ou aumentar o risco de doenças respiratórias agudas.

O SO_2 transforma-se em ácido sulfúrico em contacto com a humidade do ar, contribuindo para o fenómeno de formação das chuvas ácidas. Contribui igualmente para a degradação da pedra e dos materiais de numerosos monumentos.

A deposição de SO_2 afeta também a vegetação, podendo causar diminuição das taxas de crescimento e da atividade fotossintética devido à degradação da clorofila, e aumentar a sensibilidade a outros fatores de stress como o gelo ou a presença de parasitas. Os líquenes, por serem particularmente sensíveis ao SO_2, são frequentemente utilizados como indicadores da presença deste tipo de poluição.

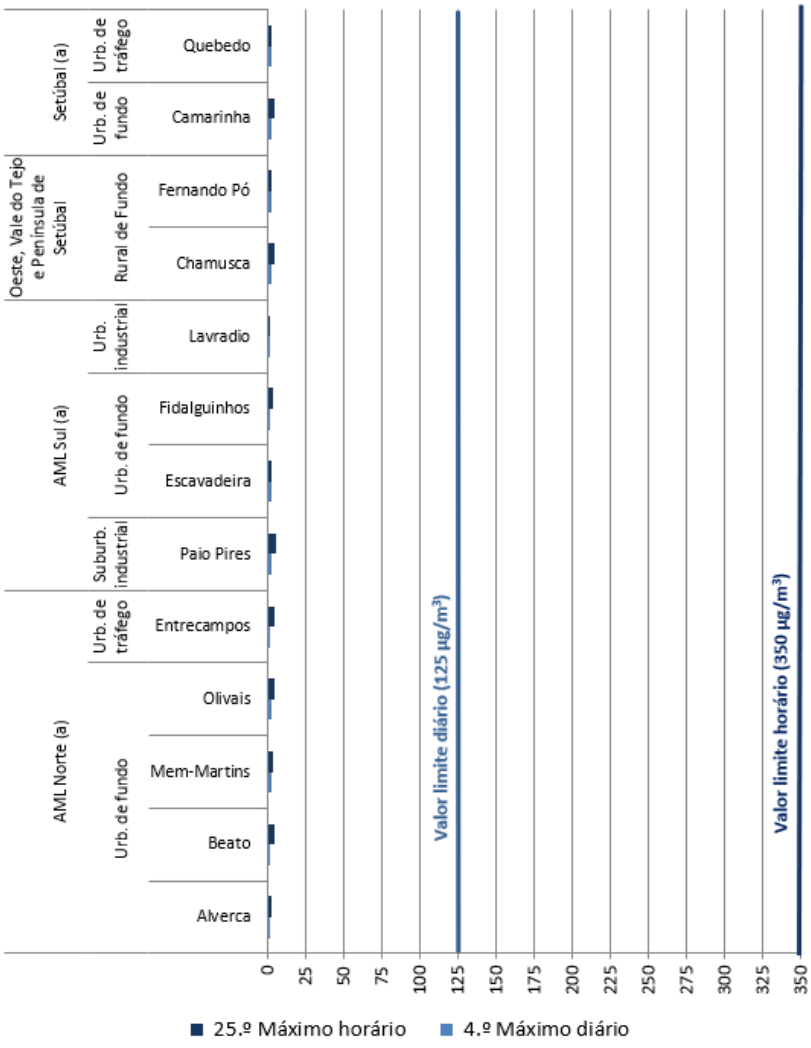
3.4.3 Análise da conformidade legal - Proteção da saúde humana

Para o SO_2 a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 350 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 24 vezes no ano, e um valor limite diário (VLD) de 125 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que três vezes no ano. A avaliação da conformidade legal para o SO_2 é feita através dos indicadores, 4º máximo diário e 25º máximo horário, que permitem verificar, respetivamente, o cumprimento do VLD e do VLH.

Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 500 µg/m^3, medido durante três horas consecutivas.

Conforme se pode comprovar pela análise da Figura 24, no ano de 2024 não se verificou nenhuma situação de incumprimento dos VL definidos para o SO_2. Tal como em anos anteriores, registaram-se concentrações médias horárias e diárias muito baixas em todas as estações da RMQA LVT.

Figura 24. Avaliação da conformidade legal do poluente SO_2 em 2024, para a proteção da saúde humana



No período entre 2001 e 2024 a zona da AML Sul foi a que apresentou os níveis mais elevados de SO_2, (Figura 25 e Figura 26), tendo-se verificado nesta aglomeração o incumprimento do VLH e do VLD na estação industrial do Lavradio, localizada no concelho do Barreiro, nos anos de 2005, 2007 e 2008. Nesta estação o limiar de alerta foi também ultrapassado nos anos de 2001, 2003 e 2007.

Para este poluente tem-se verificado uma tendência de decréscimo das concentrações em todas as estações da RMQA LVT. Esta redução está associada, por um lado, à diminuição da atividade industrial na região e, por outro, a uma redução do teor de enxofre nos combustíveis utilizados. Na AML Sul é notória a redução significativa das concentrações a partir de 2009, coincidente com o encerramento de unidades industriais relevantes na zona industrial do Barreiro, verificando-se que, a partir de 2013, os níveis registados nesta aglomeração já não se destacam dos observados nas restantes zonas da região.

Atendendo às baixas concentrações deste poluente registadas na RMQA LVT, em 2012, na sequência de um processo de reestruturação da RMQA LVT, foi reduzido o número de estações que medem este poluente. Mantiveram-se em funcionamento os analisadores de estações instaladas na proximidade de zonas industriais e os analisadores de um conjunto mais reduzido de estações destinados à avaliação dos níveis de fundo deste poluente.

Figura 25. Evolução do 4º máximo diário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)

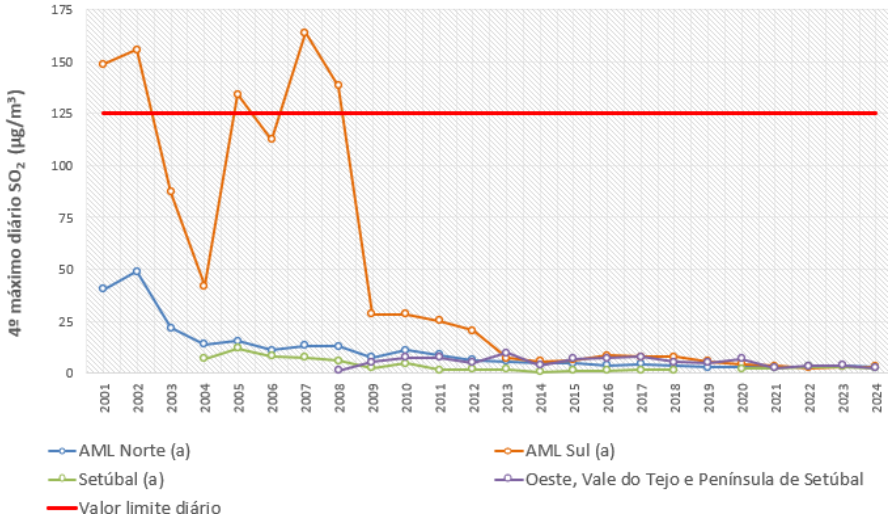
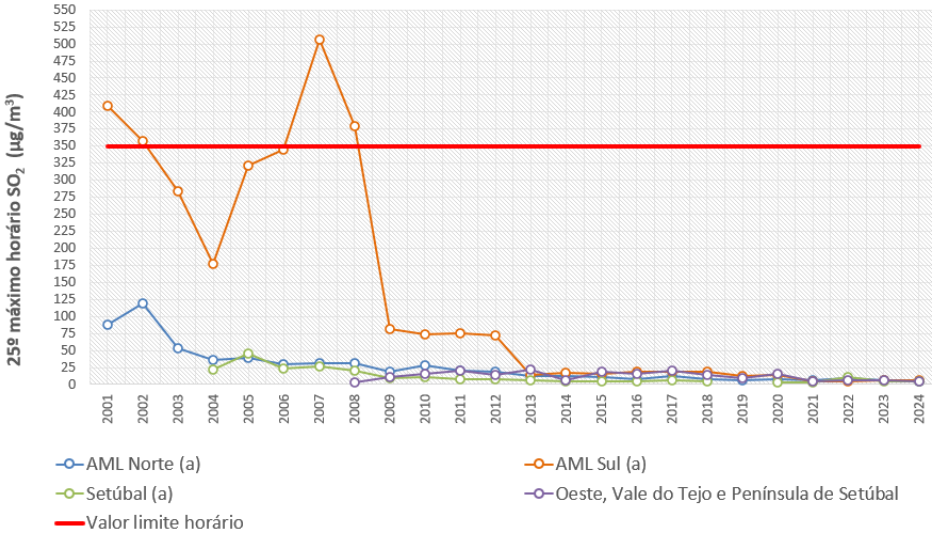


Figura 26. Evolução do 25º máximo horário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



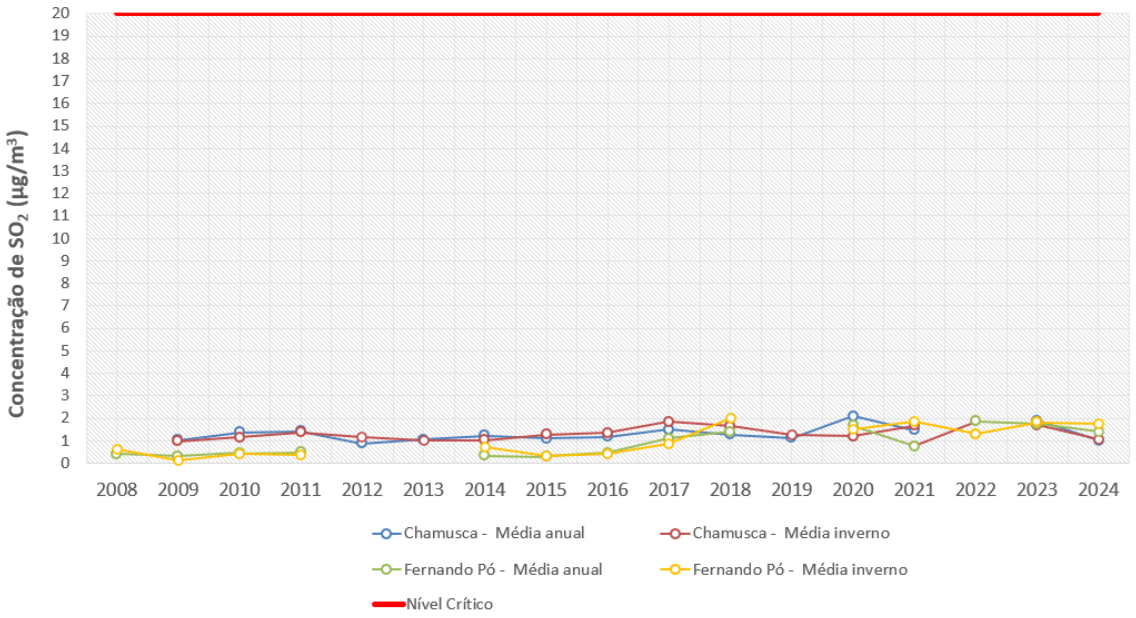
3.4.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação

Para o SO_2 a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da vegetação, um nível crítico de 20 µg/m^3, avaliado para um valor médio anual e para um valor médio de inverno (1 de outubro do ano x-1 a 31 de março do ano x).

Em 2024, nas estações rurais de fundo da Chamusca e de Fernando Pó, o valor médio anual e o valor médio para o período de inverno, foram muito inferiores ao valor definido para o nível crítico deste poluente.

A avaliação dos resultados obtidos para a média anual e para a média de inverno de SO_2, no período compreendido entre 2008 e 2024, mostra que nestas estações os níveis estiveram sempre muito abaixo do nível crítico para proteção da vegetação (Figura 27).

Figura 27. Evolução da média anual e de inverno de SO_2 nas estações rurais de fundo



3.5 OZONO (O_3)

3.5.1 Origem do poluente

O ozono (O_3) é uma molécula formada por três átomos de oxigénio, muito reativa e com um forte poder oxidante. Nas camadas altas da atmosfera, ao nível da estratosfera, o O_3 desempenha um papel vital ao filtrar a radiação solar ultravioleta, protegendo assim a vida sobre a Terra. Na troposfera, camada atmosférica em contacto com a superfície terrestre, o O_3, designado como ozono troposférico, é um poluente secundário que afeta negativamente a saúde humana.

O O_3 não é diretamente emitido para a atmosfera, formando-se através de um conjunto de reações químicas entre óxidos de azoto, compostos orgânicos voláteis (COV) e monóxido de carbono, por ação da radiação solar. Os poluentes primários que dão origem à formação do O_3 são essencialmente resultantes das emissões dos veículos automóveis e de determinadas atividades industriais.

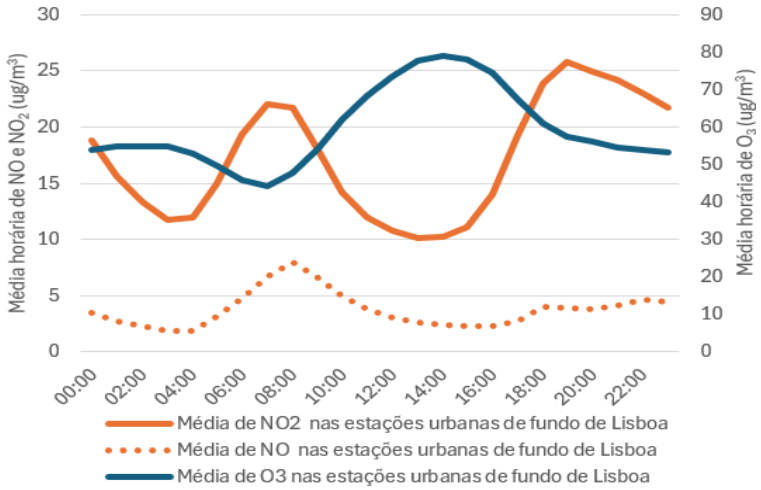
As reações de formação do O_3 são complexas e os episódios de concentrações elevadas deste poluente ocorrem especialmente nos dias de verão, na presença de condições meteorológicas particulares – forte radiação solar, temperaturas elevadas, vento fraco e estabilidade atmosférica – frequentemente associadas à persistência de um anticiclone.

As concentrações mais elevadas de O_3 observam-se normalmente na periferia das zonas onde são emitidos os poluentes precursores, já que estes podem ser transportados pelas massas de ar a grandes distâncias. Em áreas urbanas, na proximidade das fontes emissoras, o NO emitido pelos veículos automóveis pode reagir com o O_3, reduzindo-se assim localmente as concentrações deste poluente.

Em ambiente urbano, a produção de ozono é forte durante o dia e a sua destruição rápida durante a noite. Os picos são normalmente bem marcados, observando-se concentrações mais baixas junto às vias de tráfego intenso, enquanto em meio rural, na ausência de NO, a sua destruição é mais fraca e as variações menores e, portanto, as concentrações em termos médios mais elevadas.

A variação média diária das concentrações de O_3 nas estações da RMQA LVT, ilustrada na Figura 28, mostra que as concentrações deste poluente começam a aumentar logo após o período de maior intensidade de tráfego e à medida que a radiação solar aumenta, atingindo-se os valores máximos nas primeiras horas da tarde, quando a radiação solar é mais intensa e as condições de mistura mais eficientes. O aumento das concentrações de O_3 durante este período do dia é normalmente acompanhado por um decréscimo das concentrações de NO e NO_2, conforme se ilustra na figura.

Figura 28. Ciclo diário das concentrações de NO, NO_2 e O_3 nas estações urbanas de fundo de Lisboa em 2024



3.5.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O O_3 é um gás agressivo para as mucosas oculares e respiratórias e, tal como outros oxidantes fotoquímicos, penetra profundamente nas vias respiratórias, afetando sobretudo os brônquios e os alvéolos pulmonares. Os seus efeitos podem manifestar-se através de irritações nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e por problemas respiratórios, como dificuldade em respirar, dores no peito e tosse. Além disso, pode também provocar o agravamento de patologias respiratórias já existentes e reduzir a resistência a infeções respiratórias.

Para além dos impactos na saúde humana, o O_3 tem um efeito nocivo sobre a vegetação, interferindo na atividade fotossintética e no seu crescimento e reprodução. Afeta também certos materiais como a borracha, têxteis e pinturas.

O O_3 é também um gás com efeito de estufa, contribuindo para o aquecimento da atmosfera.

3.5.3 Análise da conformidade legal – Proteção da saúde humana

Para o O_3 a legislação em vigor estabelece um valor alvo para proteção da saúde humana, de 120 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 25 dias no ano, num período médio de três anos, avaliado através da concentração máxima diária das médias de períodos de oito horas. Este valor alvo é avaliado pelo indicador 26º máximo diário das médias de 8 horas.

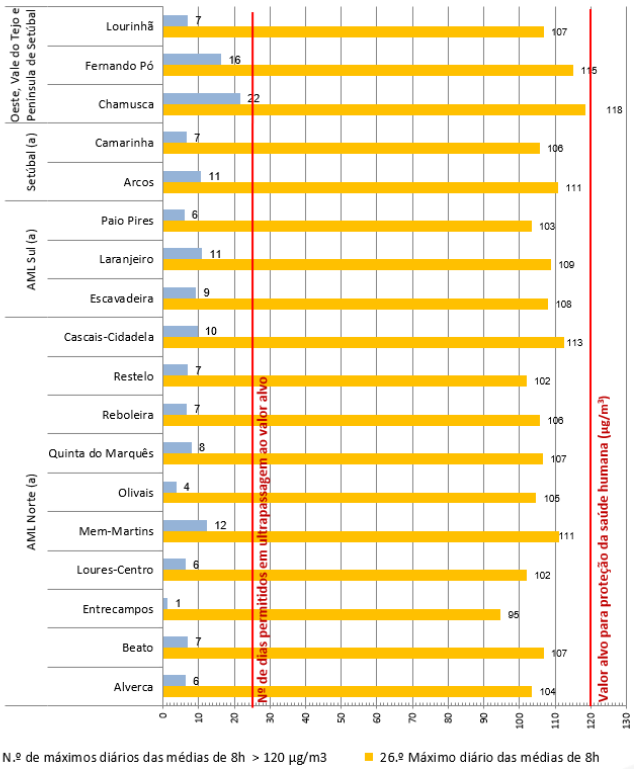
De acordo com o disposto no Decreto-Lei 102/2010, de 23 de setembro, 2010 é o primeiro ano que deve ser considerado para o cálculo desta média de três anos, a qual deve incluir, no mínimo, um ano de dados completo, sendo assim 2012 o primeiro ano para o qual se efetua a avaliação do cumprimento do valor alvo.

Para este poluente é também definido um objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana, igualmente avaliado através da concentração máxima diária das médias de períodos de oito horas, que tem por meta o cumprimento de um valor de 120 µg/m^3 em todos os dias do ano.

Está ainda definido para o O_3 um limiar de informação de 180 µg/m^3 e um limiar de alerta de 240 µg/m^3, ambos avaliados para valores médios horários. O limiar de informação é um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana de grupos particularmente sensíveis da população, a partir do qual é necessária a divulgação imediata de informações adequadas. Uma exposição de curta duração para um nível acima limiar de alerta apresenta riscos para a saúde humana da população em geral e quando esta situação ocorre devem ser adotadas medidas imediatas, segundo as condições constantes do Decreto-Lei n.º 102/2010.

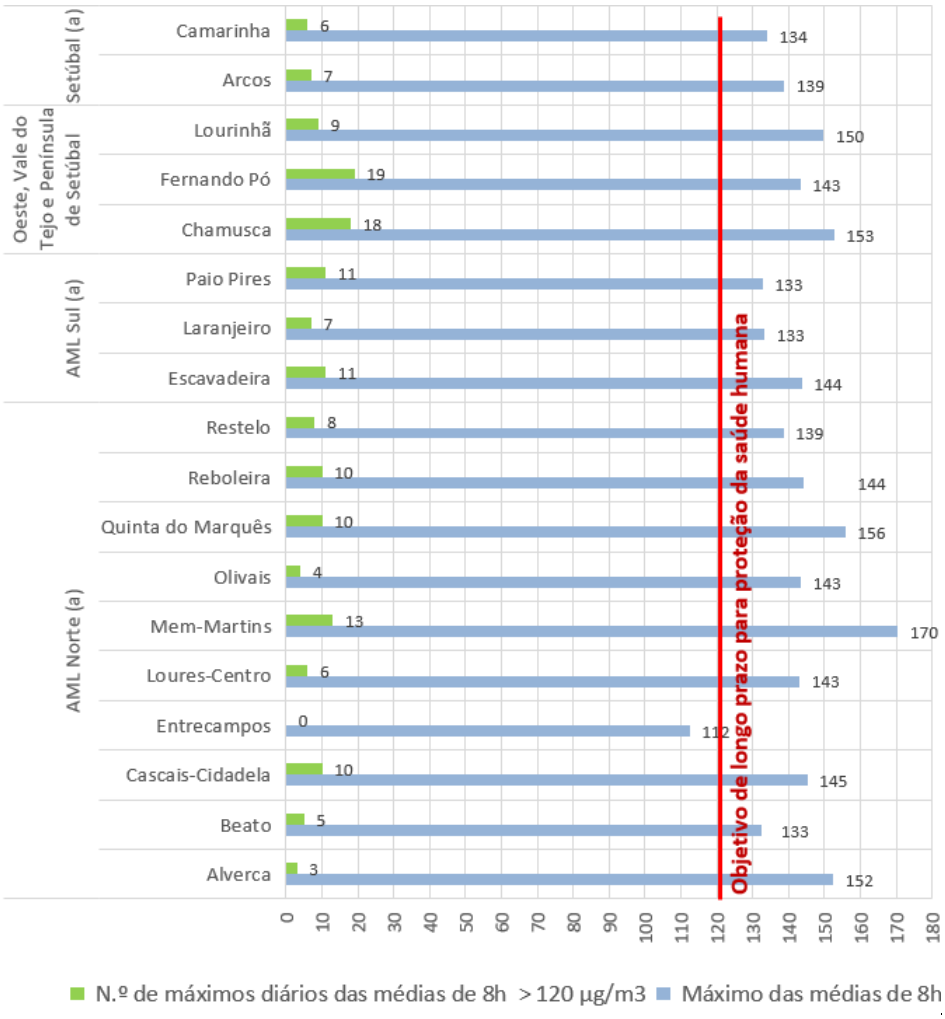
Na Figura 29 apresenta-se a avaliação da conformidade legal deste poluente nas estações da RMQA LVT, relativamente ao valor alvo para a proteção da saúde humana em 2024, que corresponde à média dos anos 2022, 2023 e 2024. Da análise da figura verifica-se que este valor foi respeitado em todas as estações da RMQA LVT e que a estação rural da Chamusca, localizada na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal, onde este valor alvo foi sistematicamente ultrapassado até 2018, continua a ser a que regista o número de dias com médias superiores a 120 µg/m^3 (22) mais próximo do limite definido (25).

Figura 29. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 em 2024, para o valor alvo, para a proteção da saúde humana



Em 2024 o objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana foi ultrapassado em todas as estações de fundo da RMQA LVT (Figura 30).

Figura 30. Avaliação do objetivo de longo prazo para o O_3, para a proteção da saúde humana, em 2024



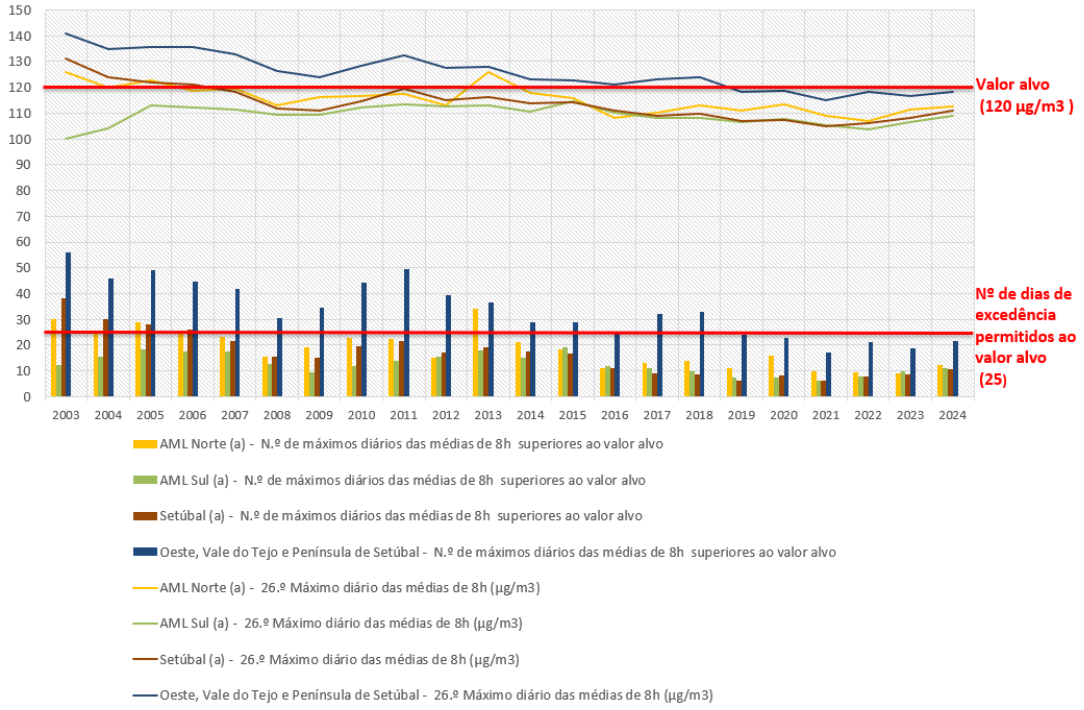
Na Tabela 2 apresentam-se as excedências ocorridas em 2024 ao limiar de informação de O_3. Estas excedências ocorreram nas estações de Mem Martins e da Quinta do Marquês, localizadas na AML Norte, nos dias 23 e 24 de julho. Segundo o Boletim Climatológico Mensal – julho 2024 (IPMA, 2024), o período de 18 a 31 foi caracterizado por valores da temperatura máxima muito acima da média (anomalias superiores a + 6.0 °C, nos dias 23 e 24) e pela ocorrência de noites tropicas (nos dias 23 e 24 mais de 30 % das estações de registaram uma temperatura mínima do ar ≥ 20 °C). O dia 23 de julho foi o mais quente de 2024 (temperatura média de 27.7 °C), com mais de 25 % das estações meteorológicas a registarem uma temperatura máxima do ar acima de 40.0 °C.

Tabela 2. Excedências ao limiar de informação nas estações da RMQA LVT em 2024

Data	AML Norte		Número de estações
	Mem-Martins	Quinta do Marquês	
	média horária (µg/m³)	média horária (µg/m³)	
23-07-2024 22:00:00	184	157	1
23-07-2024 23:00:00	199	178	1
24-07-2024 00:00:00	195	182	2
Número de horas/dias	3/2	1/1	2

Relativamente à evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas, expressa na Figura 31, é de registar que, desde 2003, os níveis máximos de O_3 de cada zona da RLVT não variaram significativamente de ano para ano, apesar de se notar uma ligeira tendência de decréscimo. Entre 2012 (primeiro ano de avaliação do cumprimento deste indicador) e 2018, o valor alvo foi sistematicamente ultrapassado na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal (todos os anos, na estação da Chamusca, e em 2012 e 2013, na estação de Fernando Pó), e também em 2013 na aglomeração da AML Norte (na estação urbana de fundo da Quinta do Marquês). É ainda de salientar que, na maioria dos anos, o valor máximo das estações de cada zona esteve próximo do valor alvo. No ano de 2024, as concentrações de O_3 expressas neste indicador foram um pouco superiores às registadas nos anos mais recentes.

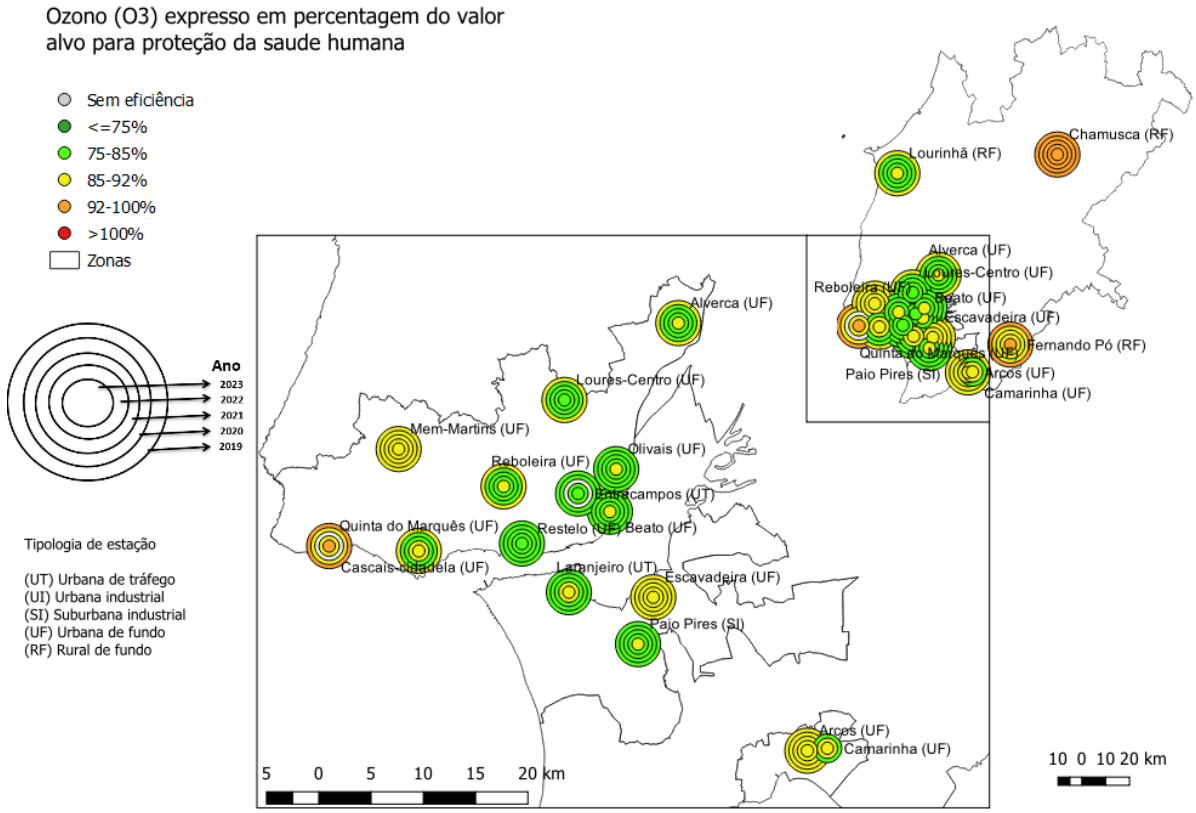
Figura 31. Evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas (valor alvo) para o O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



Nota: É apresentada a evolução das concentrações apenas a partir do ano de 2003, devido ao número reduzido de estações com medições deste poluente nos anos de 2001 e 2002

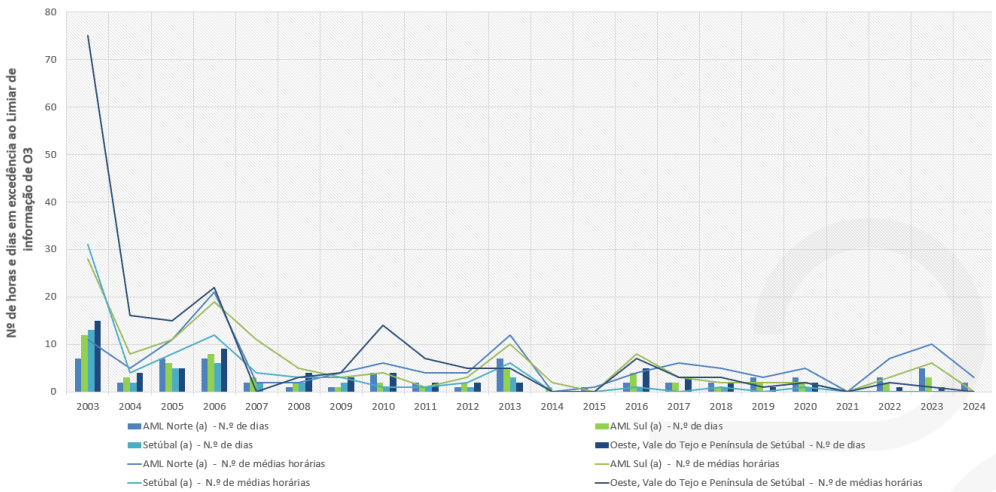
O mapa da Figura 32, que representa a evolução das concentrações de O_3, expressas em percentagem do valor alvo, correspondendo cada círculo a um ano de dados para cada estação, ilustra os resultados acima descritos para os últimos 5 anos (2020 a 2024). Esta figura permite identificar as estações com ultrapassagens neste período e salientar que, em todos os anos, o 26.º máximo diário de todas as estações (com exceção da estação de tráfego de Entrecampos, em 2019), foi superior a 90 µg/m^3 (75% do valor alvo), ou seja, mesmo onde não ocorreram incumprimentos os níveis estiveram próximos do valor alvo.

Figura 32. Mapa da evolução das concentrações O_3 para a proteção da saúde humana, nos últimos 5 anos, nas estações da RMQA LVT, expresso em percentagem do valor alvo



Na Figura 33 apresentam-se as excedências ao limiar de informação nas estações da RMQA LVT nos últimos 20 anos. Embora não se observe uma tendência clara na evolução destes eventos, parece existir uma ligeira diminuição destas situações episódicas. As ultrapassagens ao limiar de informação de O_3 ocorreram em maior número no período 2003-2006 e no ano de 2013, destacando-se o ano de 2021 como único em que não se registaram excedências no período de 2003 a 2024.

Figura 33. Evolução do nº de dias e n.º de horas em ultrapassagem ao limiar de informação de O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



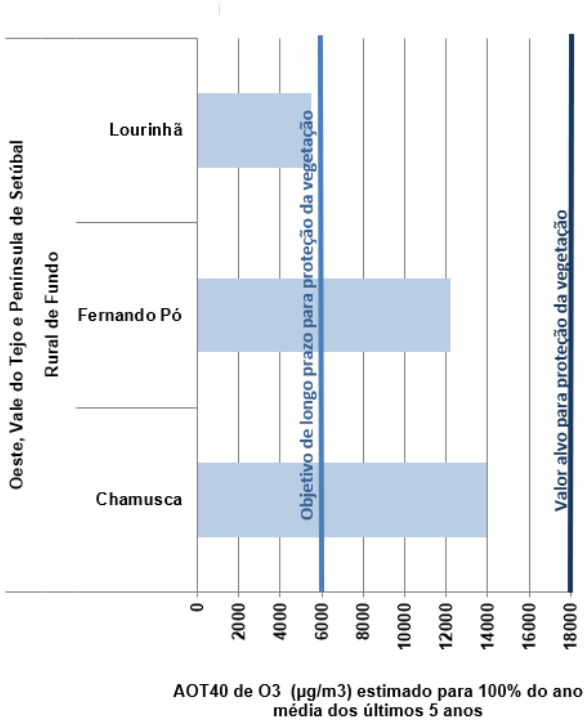
Nota: É apresentada a evolução das concentrações apenas a partir do ano de 2003, devido ao número reduzido de estações com medições deste poluente nos anos de 2001 e 2002

3.5.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação

Para o O_3 a legislação em vigor define, para a proteção da vegetação, um objetivo de longo prazo, de 6000 µg/m^3, avaliado pelo indicador AOT_{40}, e um valor alvo, de 18000 µg/m^3, avaliado também pelo indicador AOT_{40}, calculado com base na média dos cinco anos anteriores, e que deve incluir, no mínimo, três anos de dados completos. De acordo com o disposto na legislação em vigor, 2010 é o primeiro ano que deve ser considerado para o cálculo desta média, sendo assim 2014 o primeiro ano para o qual se efetua a avaliação do cumprimento deste valor alvo.

Na Figura 34 apresenta-se a avaliação da conformidade legal das concentrações deste poluente em 2024 (média de 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024) relativamente aos objetivos de proteção da vegetação (AOT_{40}), para as estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó, localizadas na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal. Neste ano verificou-se o cumprimento do valor alvo nestas 3 estações e a ultrapassagem do objetivo de longo prazo nas estações da Chamusca e de Fernando Pó.

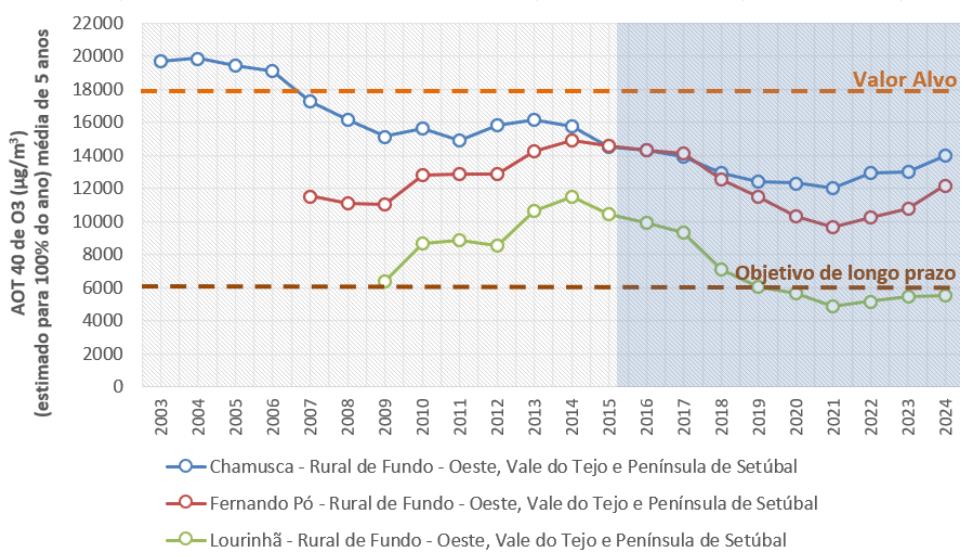
Figura 34. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 para a proteção da vegetação



Na Figura 35 apresenta-se a evolução do AOT_{40} de O_3 nas três estações rurais de fundo da RMQA LVT. Desde 2014 observa-se uma tendência de decréscimo deste indicador. Embora tenham ocorrido ultrapassagens ao valor alvo na estação da Chamusca entre 2003 e 2006, estas não corresponderam a inconformidades legais, uma vez que a avaliação do cumprimento deste objetivo só se iniciou em 2014.

Quanto ao objetivo de longo prazo, as estações rurais da Chamusca e de Fernando Pó estiveram acima do valor legislado em todos os anos avaliados e a estação da Lourinhã em todos os anos até 2019.

Figura 35. Evolução do AOT40 de O_3



3.6 BENZENO (C_6H_6)

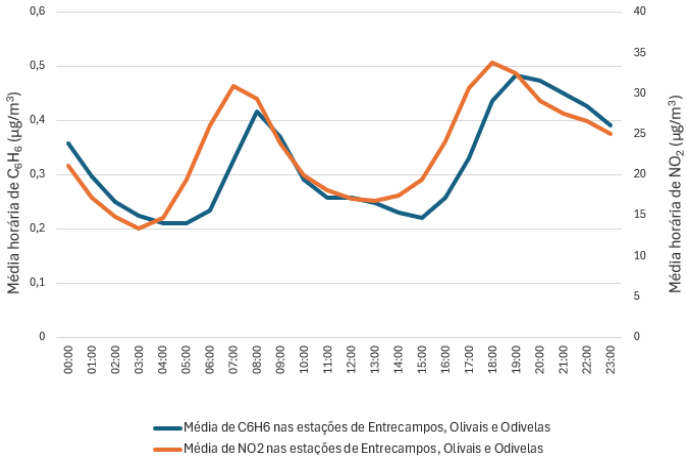
3.6.1 Origem do poluente

O benzeno (C_6H_6), juntamente com o tolueno, o etilbenzeno e o xileno, fazem parte da família dos compostos orgânicos voláteis (COV) correntemente designados por BTX. O C_6H_6 é um dos compostos mais nocivos desta família, sendo o único objeto de regulamentação.

Os BTX entram na composição dos combustíveis fósseis, mas também na de diversos produtos de utilização corrente como as tintas, colas, cosméticos, solventes e detergentes de limpeza, de uso doméstico, profissional ou industrial. São emitidos para a atmosfera por evaporação ou durante a combustão, ao longo das fases de produção, armazenamento e utilização. O tráfego rodoviário é a principal fonte antropogénica de BTX, o que explica os níveis mais elevados observados em ambiente urbano, comparativamente com zonas rurais.

A Figura 36 apresenta a variação média diária das concentrações de C_6H_6 nas estações da RMQA LVT. Os dados mostram que os níveis deste poluente aumentam com a intensificação do tráfego rodoviário, atingindo os valores máximos durante os períodos de maior circulação automóvel, nomeadamente nas horas de ponta da manhã e da tarde. Esta variação é muito semelhante à observada para outros poluentes emitidos pelo tráfego automóvel, como o NO_2, refletindo a influência destas emissões nas concentrações deste poluente.

Figura 36. Ciclo diário das concentrações de C_6H_6 e NO_2 nas estações de Entrecampos, Olivais e Odivelas em 2024



Os COV podem ter ainda uma origem natural, já que são também emitidos pela vegetação e por outras fontes naturais como os incêndios florestais.

3.6.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Os efeitos dos COV são muito variáveis, dependendo da natureza do composto. Podem variar de uma simples incomodidade olfativa até efeitos mutagénicos e carcinogénicos (provocados por compostos como o benzeno), passando por irritações diversas e por uma diminuição da capacidade respiratória.

Os COV desempenham um papel muito importante nos mecanismos de formação do ozono na baixa atmosfera (troposfera). Intervêm igualmente nos processos conducentes à formação de gases com efeito de estufa e na destruição da camada de ozono ao nível da estratosfera.

3.6.3 Análise da conformidade legal

Para o benzeno, a legislação em vigor estabelece um valor limite anual de 5 µg/m^3, tendo como indicador a média anual.

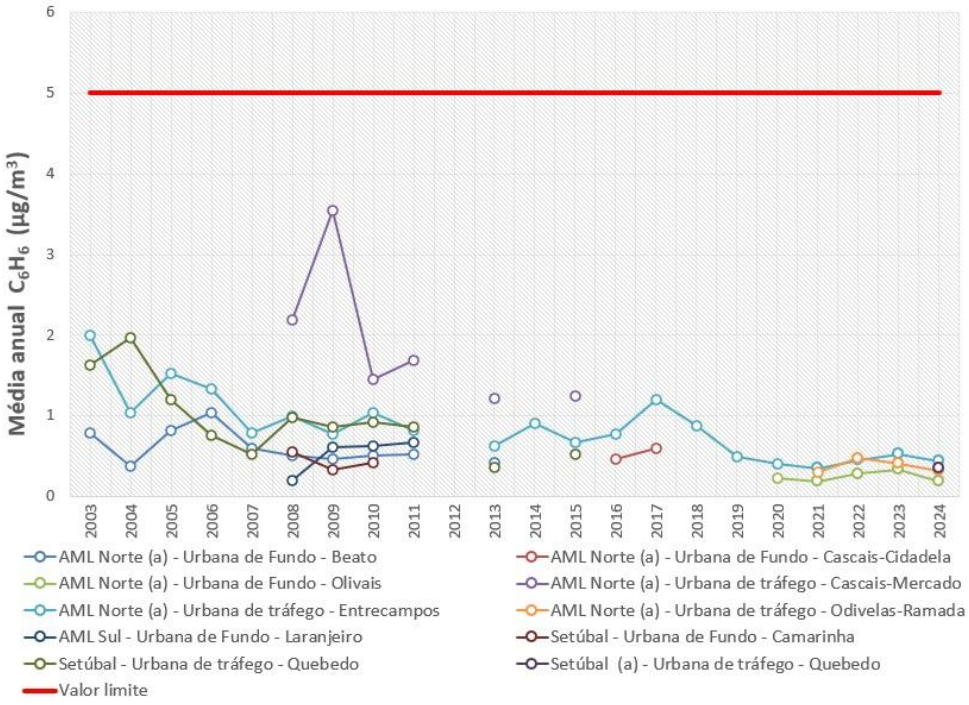
Em 2024, todas as estações da RMQA LVT, onde este poluente é monitorizado, apresentaram médias anuais significativamente inferiores ao valor limite legal. As estações urbanas de tráfego de Entrecampos, Odivelas-Ramada e Quebedo registaram médias anuais de 0,4 µg/m^3, 0,3 µg/m^3 e 0,4 µg/m^3, respetivamente, ligeiramente superiores à média observada na estação urbana de fundo dos Olivais (0,2 µg/m^3).

A Figura 37 apresenta a evolução da média anual de benzeno entre 2002 e 2024, considerando apenas as estações que obtiveram a taxa mínima de recolha de dados exigida pela legislação em vigor (35%). Ao longo deste período, os valores registados mantiveram-se sempre muito abaixo do valor limite legal.

Até 2011, o benzeno foi monitorizado em oito estações da RMQA LVT. Contudo, a partir de 2012, na sequência de um processo de reestruturação da rede, este número foi reduzido para quatro estações. Nos anos mais recentes, ocorreram novas alterações: iniciaram-se medições nas estações dos Olivais e de Odivelas-Ramada, e cessaram as medições nas estações do Beato e de Cascais-Cidadela.

A indisponibilidade de dados (taxa de recolha de dados inferior a 35%) em vários anos e estações, dificulta a análise clara da tendência evolutiva das concentrações de benzeno. No entanto, a estação de Entrecampos, que apresenta a série temporal mais consistente, revela uma tendência de decréscimo das médias anuais ao longo do tempo. Nos últimos anos, os níveis registados nesta estação foram muito baixos e não evidenciam variações significativas.

Figura 37. Evolução da média anual de benzeno



3.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS FACE À REGULAMENTAÇÃO EUROPEIA PARA 2030 E AOS VALORES RECOMENDADOS PELA OMS

No âmbito do Plano de Ação da União Europeia para a Poluição Zero até 2050, inserido no Pacto Ecológico Europeu, foi aprovada a Diretiva (UE) 2024/2881 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2024, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. Esta diretiva reformula as anteriores Diretivas 2004/107/CE e 2008/50/CE, introduzindo normas significativamente mais exigentes, com obrigações concretas a cumprir já em 2030. O seu principal objetivo é alinhar os padrões da União Europeia com os valores guia recomendados pela OMS, atualizados em 2021 para os poluentes NO_2, SO_2, O_3, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$ e CO. Os valores guia da qualidade do ar ambiente da OMS refletem os avanços científicos mais recentes sobre os impactos da poluição atmosférica na saúde humana.

Na Tabela 3 é apresentada uma avaliação dos resultados obtidos em 2023 e 2024 para as concentrações dos vários poluentes medidos nas estações de monitorização da RMQA LVT, face aos objetivos de qualidade do ar

estabelecidos na nova diretiva de qualidade do ar ambiente, para cumprimento em 2030, comparativamente com as normas nacionais e europeias atuais.

Considerando que as normas de qualidade do ar consideradas nesta nova diretiva deverão ser revistas regularmente, a fim de avaliar as possibilidades de alinhamento com as recentes orientações da OMS, é ainda efetuada uma avaliação dos mesmos resultados face aos valores guia de qualidade do ar recomendados por esta organização.

Tal como já referido ao longo deste relatório, a única situação de incumprimento na RLVT, face às normas legais atualmente em vigor, continua a verificar-se para o valor limite anual de NO_2 na estação da Avenida da Liberdade, representativa de zonas com elevada densidade de construção e tráfego rodoviário intenso na cidade de Lisboa.

Apesar da tendência de melhoria da qualidade do ar, a distância entre os níveis atuais e os novos limites definidos para 2030 é significativa. Prevê-se que o cumprimento do novo valor limite anual de NO_2 (50% inferior ao atual) e do valor limite diário represente um dos principais desafios da implementação da diretiva, sobretudo nas zonas de maior tráfego e densidade urbana de Lisboa. Esta realidade exigirá um reforço substancial das medidas para melhoria da qualidade do ar, particularmente no setor dos transportes e da mobilidade urbana, com reduções de emissões superiores a 50%.

Importa ainda destacar que, nos anos avaliados, várias estações da RLVT registaram concentrações de NO_2, $PM_{2,5}$, PM_{10} e O_3 superiores aos valores recomendados pela OMS. A situação é especialmente crítica para o O_3, uma vez que todas as estações da RMQA LVT excederam os dois valores guia definidos pela OMS. Também no caso do NO_2, apenas as estações rurais de fundo cumprem os valores guia, o que significa que toda a população da RLVT está exposta a níveis de O_3 superiores aos recomendados, e toda a população urbana, a níveis excessivos de NO_2.

Relativamente às partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, embora algumas estações tenham excedido os valores guia da OMS, as diferenças observadas são menos significativas e, em grande parte, atribuíveis à ocorrência de eventos naturais. As partículas transportadas durante estes episódios, podem ter efeitos adversos na saúde humana, dependendo da intensidade do fenómeno e da quantidade de material particulado que atinge os níveis de superfície. No entanto, por se tratar de fontes naturais, as suas emissões não são passíveis de controlo.

Tabela 3. Número de estações em ultrapassagem em 2023 e 2024 aos objetivos de qualidade do ar da legislação atual e aos objetivos propostos para 2030 (nova diretiva) e valores recomendados pela OMS

Poluente	Período	Regulamentação Europeia e Nacional em vigor			Regulamentação Europeia para cumprir em 2030			Recomendações da OMS		
		Valor (µg/m³)	Nº de estações incumprimento /total		Valor (µg/m³)	Nº de estações ultrapassagem /total		Valor guia (µg/m³)	Nº de estações ultrapassagem /total	
			2023	2024		2023	2024		2023	2024
NO_2	Horário	200 [a]	0/24	0/23	200 [b]	0/24	0/23	200 [i]	0/24	0/23
	Diário				50 [a]	3/24	2/23	25 [c]	21/24	20/23
	Anual	40	1/24	1/23	20	4/24	3/23	10	21/24	19/23
PM_{10}	Diário	50 d	0/21	0/20	45 a	0/21	0/20	45 [c]	1/21	19/20
	Diário com desconto EN [j]		0/21	0/20		0/21	0/20		0/21	1/20
	Anual	40	0/21	0/20	20	2/21	2/20	15	16/21	19/20
	Anual com desconto EN [j]		0/21	0/20		0/21	0/20		6/21	7/20
$PM_{2,5}$	Diário				25 [a]	0/9	0/9	15 [c]	8/9	8/9
	Anual	25	0/9	0/9	10	0/9	0/9	5	5/9	5/9
O_3	Max diário 8horas	120 [e]	0/18	0/18	120 [a]	1/18	1/18	100 c	18/18	18/18
	AOT40	18 000	0/18	0/18	18 000	0/18	0/18			
	Pico sazonal [h]							60	18/18	18/18
CO	Horário							35 000 [i]	0/8	0/8
	Max diário 8horas	10 000 [e]	0/8	0/8	10 000 [e]	0/8	0/8	10 000 [i]	0/8	0/8
	Diário				4 000 [a]	0/8	0/8	4 000 [c]	0/8	0/8
SO_2	Horário	350 [g]	0/12	0/12	350 [b]	0/12	0/12			
	Diário	125 [f]	0/12	0/12	50 [a]	0/12	0/12	40 [c]	0/12	0/12
	Anual				20	0/12	0/12			
C_6H_6	Anual	5	0/3	0/4	3,4	0/3	0/4	1,7 [i]	0/3	0/4

[a] Permitidas 18 horas ou dias em ultrapassagem no ano

[b] Permitida apenas uma ultrapassagem do ano

[c] Permitidos 3-4 dias em ultrapassagens no ano

[d] Permitidos 35 dias em ultrapassagem no ano

[e] Permitidos 25 dias em ultrapassagem no ano

[f] Permitidos 3 dias em ultrapassagem no ano

[g] Permitidas 24 horas em ultrapassagem no ano

[h] Média dos máximos diários das médias de 8horas nos seis meses consecutivos com as médias mais altas. Foram considerados os meses de abril a setembro.

[i] Limites que não foram revistos em 2021

[j] com desconto EN: Aos valores médios diários de PM10 é deduzido o valor estimado como contributo do transporte de partículas dos desertos do Norte de africa, considerado um evento natural

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA, FCT/UNL, (2024). Identificação e avaliação da ocorrência de eventos naturais em Portugal em 2024 – Relatório Anual. Agência Portuguesa do Ambiente. setembro de 2024. Disponível em: https://apambiente.pt/ar-e-ruido/relatorios-de-eventos-naturais

CCDR LVT; Barros, Nelson, (2023). Modelação do impacto da variação inter-anual das condições meteorológicas na qualidade do ar na região de Lisboa - 2002 a 2022. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. agosto de 2023.

CCDR LVT, FCT/UNL, UFP, (2022). Inventário de Emissões Atmosféricas da Região de Lisboa e Vale do Tejo 2015-2020, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. setembro de 2022.

EEA (European Environment Agency), (2022) Health impacts of air pollution in Europe, 2022, Disponível em https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), (2024). Boletim Climatológico Mensal – julho 2024. Portugal Continental, 2024, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20240812/WMgGtBdBEwuAdIQAbYjI/cli_20240701_20240731_pcl_mm_co_pt.pdf

ANEXOS

Anexo I - Normas de qualidade do ar (D.L. n.º 102/2010, de 23 de setembro)

Definições

AOT40	Indicador de exposição cumulativa e a longo prazo da vegetação ao ozono, expresso em µg/m^3 por hora. AOT40 é a soma da diferença entre as concentrações horárias superiores a 80 µg/m^3 (= 40 partes por bilião) e o valor 80 µg/m^3 num determinado período, utilizando apenas os valores horários medidos diariamente entre as 8 e as 20 horas, (hora da Europa Central), no período de maio a julho.
Limiar de alerta	Um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana da população em geral e a partir do qual devem ser adotadas medidas imediatas, segundo as condições constantes na legislação em vigor.
Limiar de informação	Um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana de grupos particularmente sensíveis da população, a partir do qual é necessária a divulgação imediata de informações adequadas.
Média de 8 horas consecutivas	Valor médio calculado com base em oito valores horários, a partir de dados horários e atualizado hora a hora; cada média de oito horas deve ser atribuída ao dia que termina, ou seja, o primeiro período de cálculo para um dado dia será o período decorrido entre as 17 horas do dia anterior e a 1 hora desse dia; o último período de cada dia será o período entre as 16 e as 24 horas desse dia.
Nível crítico	Um nível fixado com base em conhecimentos científicos, acima do qual podem verificar-se efeitos nocivos diretos em recetores como árvores, outras plantas ou ecossistemas naturais, mas não em seres humanos.
Objetivo de longo prazo	Um nível a atingir a longo prazo, exceto quando tal não seja exequível através de medidas proporcionadas, com o intuito de assegurar uma proteção efetiva da saúde humana e do ambiente.
Taxa de eficiência	Relação entre o número de médias validadas num determinado período e o número total de médias possíveis nesse período.
Valor alvo	Um nível fixado com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente, a atingir, na medida do possível, durante um determinado período de tempo.
Valor limite	Um nível fixado com base em conhecimentos científicos, com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente, a atingir num prazo determinado e que, quando atingido, não deve ser excedido.
Valor médio diário	Média de pelo menos 18 valores médios horários (75% das médias horárias do dia)
Valor médio horário	Média calculada com base nas concentrações de 15 minutos, sendo requerida uma taxa mínima de recolha de dados de 75%.

Valores Regulamentares

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data entrada em vigor	Valor (nº de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e Modo de cálculo
Dióxido de azoto (NO_2)	Limiar de alerta para proteção da saúde humana	16 de abril de 2002	400 µg/m^3	Uma hora	Três horas consecutivas em excedência, em localizações representativas de uma área mínima de 100 km^2 ou na totalidade de uma zona ou aglomeração, consoante a que for menor.
	Valor limite horário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	200 µg/m^3 (18 excedências permitidas)	Uma hora	N.º de horas em excedência num ano civil e 19º Máximo horário, calculados a partir das médias horárias num ano civil
	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	40 µg/m^3	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
Óxidos de azoto (NOX)	Nível crítico para proteção da vegetação	16 de abril de 2002	30 µg/m^3	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
Partículas (PM_{10})	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	40 µg/m^3	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Valor limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	50 µg/m^3 (35 excedências permitidas)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e 36º Máximo diário, calculados a partir das médias diárias num ano civil
Partículas ($PM_{2,5}$)	Valor alvo para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	25 µg/m^3	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2015	25 µg/m^3		
Monóxido de Carbono (CO)	Valor limite para proteção da saúde humana	16 de abril de 2002	10 mg/m^3	Média máxima por períodos de 8 horas	N.º dias em que a média diária máxima de 8 horas excedeu o valor-limite
Dióxido de Enxofre (SO_2)	Limiar de alerta para proteção da saúde humana	16 de abril de 2002	500 µg/m^3	Uma hora	Três horas consecutivas em excedência, em localizações representativas de uma área mínima de 100 km^2 ou na totalidade de uma zona ou aglomeração, consoante a que for menor.
	Valor limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	125 µg/m^3 (3 excedências permitidas)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e 4º Máximo diário, calculados a partir das médias diárias num ano civil

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data entrada em vigor	Valor (nº de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e Modo de cálculo
	Valor limite horário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	350 µg/m^3 (24 excedências permitidas)	Uma hora	N.º de horas em excedência num ano civil e 25º Máximo horário, calculados a partir das médias horárias num ano civil
	Nível crítico para proteção da vegetação	16 de abril de 2002	20 µg/m^3	Ano civil e Inverno (1 de outubro a 31 de março do ano seguinte)	Média anual, calculada a partir das médias horárias
Ozono (O_3)	Limiar de alerta para proteção da saúde humana	2004	240 µg/m^3	Uma hora	N.º de horas em excedência num ano civil
	Limiar de informação para proteção da saúde humana	2004	180 µg/m^3		
	Objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana	Não definido	120 µg/m^3 (0 excedências permitidas)	Média máxima por períodos de 8 horas	N.º dias em que a média diária máxima de 8 horas ultrapassou o objetivo de longo prazo num ano civil
	Valor alvo para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	120 µg/m^3 (25 excedências permitidas em média, por ano civil, num período de três anos)		N.º de dias em excedência e 26º Máximo diário das médias octo-horárias, calculadas por períodos consecutivos de oito horas
	Objetivo de longo prazo para proteção da vegetação	Não definido	6000 µg/m^3.h	1 de maio a 31 julho	AOT40, calculado com base nos valores horários
	Valor Alvo para proteção da vegetação	1 de janeiro de 2010	18 000 µg/m^3.h em média, num período de cinco anos		
Benzeno (C_6H_6)	Valor limite para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	5 µg/m^3	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias

Anexo II – Taxa de recolha de dados da Rede de monitorização da qualidade do ar da CCDR LVT, I.P. em 2024

Zona	Tipo de Estação	Concelho	Designação	Taxa de recolha de dados (%)						
				NO_2	PM_{10}	O_3	CO	SO_2	$PM_{2,5}$	C_6H_6
Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	Urbana de Fundo	Amadora	Reboleira	94	98	97				
		Cascais	Cascais-Cidadela	99	92	87				
		Lisboa	Beato	95		97		94		
			Olivais	99	97	99	92	96	98	89
			Restelo	99	*0*	96				
		Loures	Loures-Centro	98	*77*	99				
		Oeiras	Quinta do Marquês	89	99	94				
		Sintra	Mem-Martins	99	99	98		99	97	
		Vila Franca de Xira	Alverca	97	93	98		99		
	Urbana de Tráfego	Lisboa	Avenida da Liberdade	98	98		96			
			Entrecampos	100	93	85	100	87	97	99
			Sta. Cruz Benfica	97	98		98			
		Odivelas	Odivelas-Ramada	90	95		95			83
Área Metropolitana de Lisboa Sul (a)	Suburbana Industrial	Seixal	Paio Pires	100	98	93		97	99	
	Urbana Industrial	Barreiro	Lavradio	100	98			99		
	Urbana de Fundo		Escavadeira	97	95	94		92		
			Fidalguinhos	94				94		
		Almada	Laranjeiro	100	100	98	98		98	
Setúbal (a)	Urbana de Fundo	Setúbal	Arcos	100	98	99	99			
			Camarinha	99	96	100		93	99	
	Urbana de Tráfego		Quebedo	85	97		96	87		85
Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Rural de Fundo	Chamusca	Chamusca	98	95	98		93	94	
		Lourinhã	Lourinhã	*78*	86	86			90	
		Palmela	Fernando Pó	97	98	95		95	92	

Nota: (a) aglomeração

CCDR
LVT

