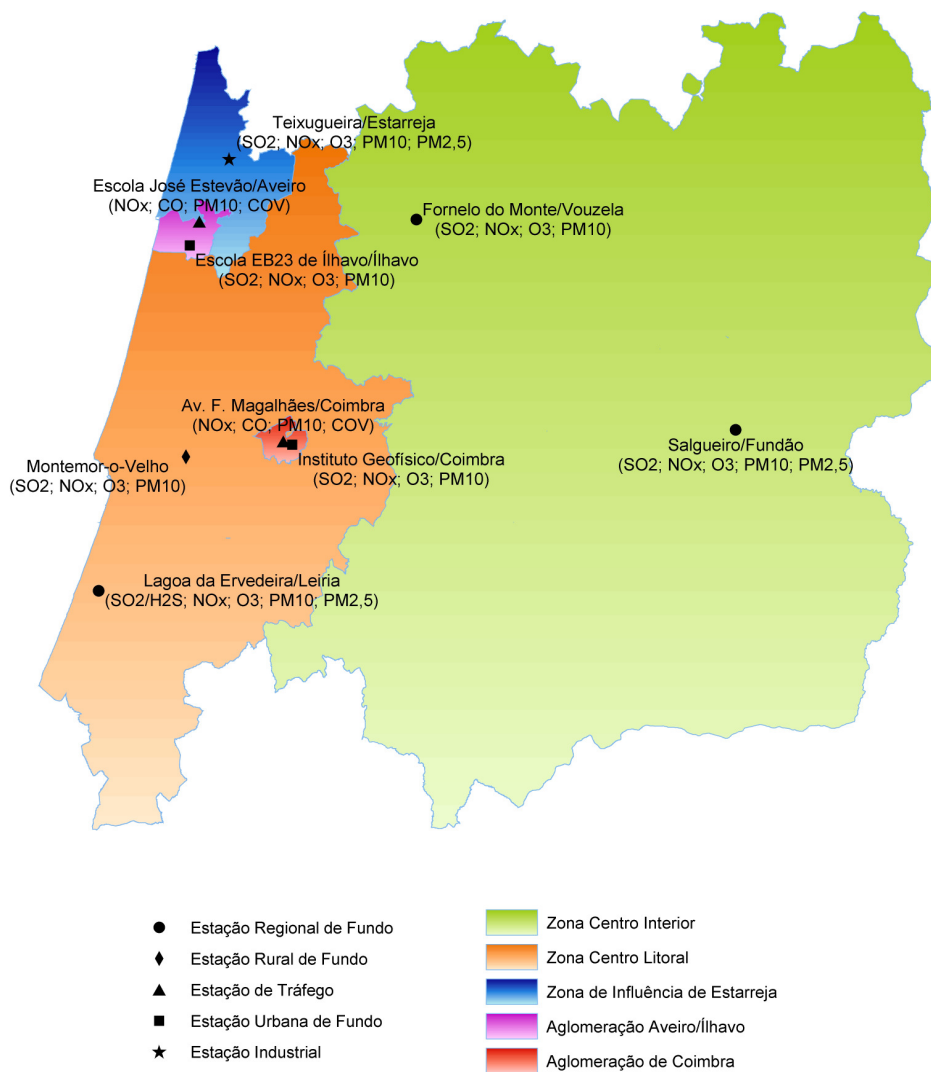


Comportamento dos Poluentes Atmosféricos em Ambientes Rurais e Urbanos da Região Centro

H. C. G. LAMEIRAS
Divisão de Avaliação Ambiental
Direcção de Serviços de Ambiente

A CCDR Centro no cumprimento das suas obrigações legais no que se refere à avaliação da qualidade do ar da Região Centro, em zonas específicas em termos de qualidade do ar como sejam as Zonas Centro Litoral, Centro Interior e de Influência de Estarreja e as Aglomerações de Coimbra e Aveiro/Ílhavo, dispõe na sua área de jurisdição de uma rede de monitorização da qualidade do ar constituída por nove estações.



As estações encontram-se localizadas estrategicamente, para acompanhamento da poluição atmosférica nas Zonas/Aglomerações, quer em ambientes urbanos, cuja poluição pode ser originada pelo tráfego automóvel ou por outras fontes de emissão, quer em ambientes rurais, nos quais são avaliadas áreas que apresentam distâncias consideráveis de fontes de emissão de poluentes.

Zona/ Agglomeração	Estação	Tipo Ambiente	Tipo Influência
Agglomeração Coimbra	Coimbra (Instituto Geofísico)	Urbano	Fundo
	Coimbra (Av. Fernão Magalhães)		Tráfego
Agglomeração Aveiro/Ílhavo	Ílhavo (Esc. EB 2,3 Gab. Ançã)	Urbano	Fundo
	Aveiro (Esc. Sec. J. Estêvão)		Tráfego
Zona Centro Litoral	Leiria (Ervedeira)	Rural	Fundo
	Montemor-o-Velho		
Zona Centro Interior	Fundão (Salgueiro)	Rural	Fundo
	Vouzela (Fornelo do Monte)		
Zona de Influência Estarreja	Estarreja (Teixugueira)	Urbano	Industrial

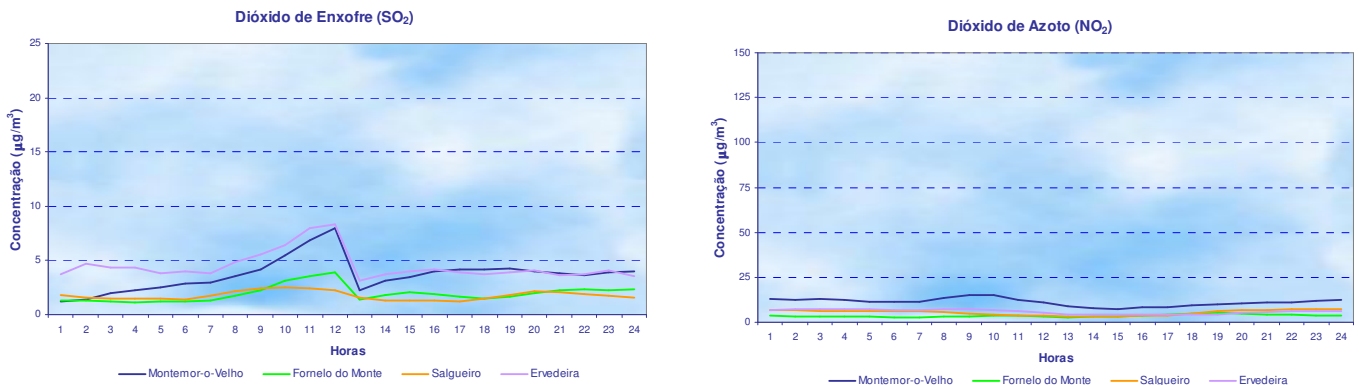
Neste documento pretende-se estudar o comportamento dos principais poluentes atmosféricos monitorizados na Região Centro em função do tipo de ambiente, rural ou urbano, em que as estações da qualidade do ar se integram. Para os ambientes rurais são analisados os perfis médios diários e mensais dos vários poluentes medidos, e para os ambientes urbanos, para além dos perfis diários e mensais são ainda analisados os perfis médios diários dos dias úteis, dos Sábados e Domingos/Feriados.

A Análise dos dados é efectuada tendo por base as concentrações médias horárias de cada poluente.

Os dados apresentados são relativos ao ano de 2009, contudo reflectem a tendência comportamental de cada poluente para cada ciclo de poluição.

Ciclos de Poluição em Ambiente Rural

Ciclo diário



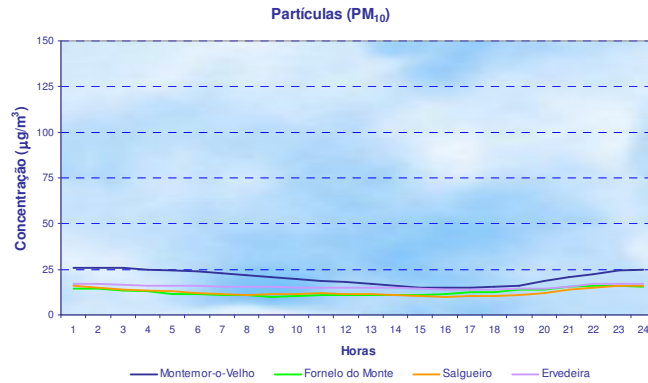
Da análise do gráfico relativo ao poluente dióxido de enxofre verifica-se que as concentrações médias horárias registadas nas quatro estações da qualidade do ar são muito baixas, revelando uma ordem de grandeza bem menor que o valor limite horário estabelecido legalmente para este poluente (média horária de 350 µg/m³, valor a não exceder mais de 24 vezes por ano civil).

As estações de Fornelo do Monte e Salgueiro apresentam um comportamento quase homogéneo ao longo do dia, ao contrário do verificado para as estações de Montemor e Ervedeira, que apresentam nas suas concentrações médias horárias um pico, pelas 12 horas do dia. Esta conduta resulta da influência que ambas as estações sofrem da laboração industrial das duas unidades de pasta de papel que se encontram situadas relativamente próximo das estações, nomeadamente a Sul da estação de Montemor e a Norte da estação da Ervedeira.

O segundo gráfico apresenta as médias horárias do poluente dióxido de azoto, obtidas nas estações regionais de fundo, cujas médias reflectem valores relativamente reduzidos, sendo os mais significativos os registados na estação de Montemor, cujos valores no global se encontram abaixo do valor limite horário (média horária 200 µg/m³, valor a não exceder mais de 18 vezes em cada ano civil).

Os ciclos diários de dióxido de azoto das variadas estações revelam um comportamento de quase estacionaridade ao longo do dia, havendo apenas a assinalar para a estação de Montemor um ligeiro acréscimo das concentrações, pelas 9 horas.

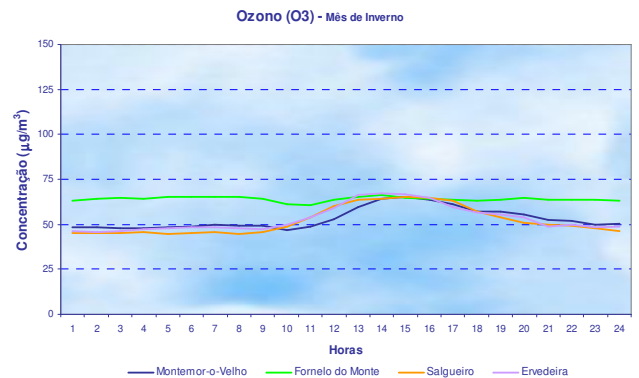
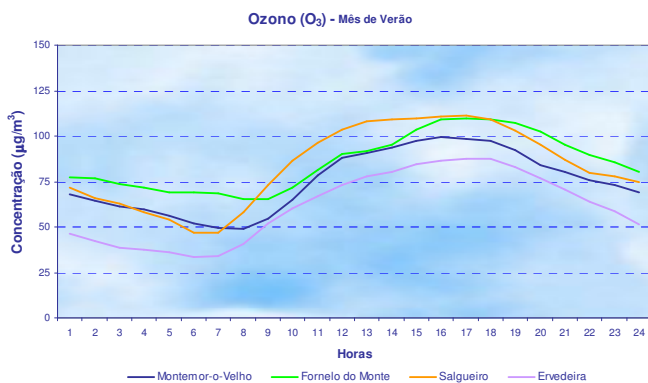
O perfil diário da estação de Montemor reflecte, ainda que ligeiramente, a influência do tráfego automóvel que circula na A1, que dista apenas alguns quilómetros, em linha recta, da estação.



Da observação do gráfico anterior, o qual representa os ciclos diários do poluente partículas (PM₁₀), conclui-se que este poluente, para as estações do tipo regional de fundo (afastadas de fontes poluidoras), apresenta um comportamento bastante uniforme, o qual contrasta com o registado na estação de Montemor que regista uma pequena variação ao longo do dia, apresentando as concentrações mais baixas pela tarde.

As médias horárias de PM₁₀ não apresentam uma ordem de grandeza elevada, sendo de referir que a estação de Montemor, entre todas, é aquela que regista maiores valores.

A diferença comportamental do ciclo diário de PM₁₀ entre a estação de Montemor e as restantes está inequivocamente relacionada com o facto de a estação de Montemor ser aquela que mais sofre a influência da actividade humana (uma das principais causas da emissão de PM₁₀), dado que se encontra próxima de mais e maiores agregados populacionais, e também pela localização próxima de fontes poluidoras específicas, como a industria de pasta de papel e circulação automóvel (A1).



As representações gráficas acima mostram as concentrações médias horárias de ozono registadas nas estações localizadas em ambientes rurais, tanto para um mês de Verão e como de Inverno.

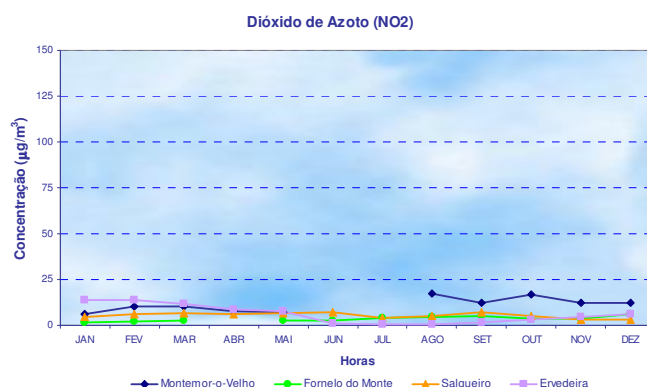
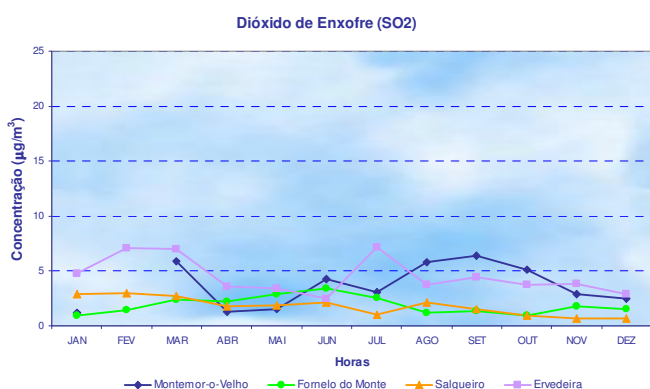
Da análise do primeiro gráfico verifica-se que os perfis diários apresentam um comportamento muito semelhante entre si, os quais registam as concentrações mais elevadas durante a tarde, coincidente com as horas de radiação solar mais intensa e temperaturas mais elevadas que potenciam a formação de ozono.

O gráfico relativo ao mês de Inverno apresenta variações comportamentais significativas nos vários perfis diários, a destacar o perfil afecto à estação da qualidade do ar de Fornelo do Monte, o qual revela constância nas médias horárias ao longo do dia, ao contrário do verificado para os restantes perfis que revelam uma ligeira subida dos valores durante a tarde.

Os valores das médias horárias registados no mês de Verão são mais elevados que os verificados no mês de Inverno. É notório para a estação de Fornelo do Monte, para o mês de Inverno, que as concentrações de ozono em média são mais elevadas que nas restantes estações.

O ciclo diário do ozono, para a estação de Fornelo do Monte, diferencia-se dos outros no período de Inverno, muito provavelmente devido às condições fracas de dispersão de poluentes e à forte presença na atmosfera de poluentes precursores de ozono, como os compostos orgânicos voláteis que resultam do ciclo respiratório das plantas, dado que na área envolvente da estação existe uma forte presença florestal.

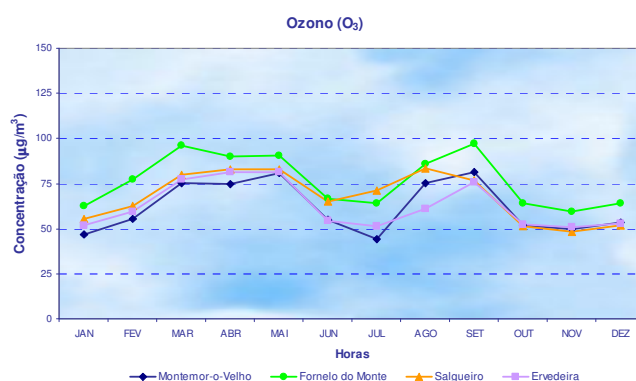
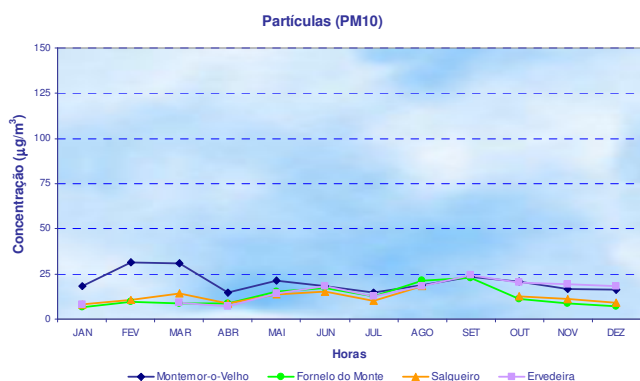
Ciclo anual



Da análise do gráfico referente ao poluente dióxido de enxofre verifica-se que as médias mensais apresentam concentrações extremamente baixas, sendo as mais elevadas as afectas às estações de Ervedeira e Montemor, dada a sua proximidade às unidades industriais de produção de pasta de papel, as quais contribuem de forma significativa para a presença de SO₂ na atmosfera.

O ciclo anual do poluente dióxido de azoto para as estações do tipo regional de fundo, apresenta um comportamento muito linear ao longo do ano, cujos valores médios mensais registados são reduzidos, dispendo de uma ordem de grandeza abaixo do valor limite anual legislado (média anual 40 µg/m³).

A estação de Montemor apresenta falha de dados nos meses de Junho e Julho, contudo caso existissem dados para todo ano civil seria expectável ser esta a estação com as concentrações de NO₂ mais elevadas, na sequência dos efeitos cumulativos da circulação rodoviária na auto-estrada A1.



Constata-se pela observação do gráfico acima representado, relativo ao poluente partículas (PM10), que os perfis mensais associados às estações localizadas em ambientes rurais são variáveis ao longo do ano, não se destacando nenhuma tendência comportamental.

As variações das concentrações médias mensais de PM10 registadas resultam da ocorrência de fenómenos responsáveis pela emissão deste poluente, quer se trate de causas antropogénicas, associadas à actividade humana (p.e. o aquecimento doméstico e circulação automóvel), quer se trate de causas naturais, como ressuspensão, incêndios florestais e transporte de partículas provenientes dos desertos do Norte de África.

O poluente ozono apresenta ciclos anuais muito variáveis no decurso do ano, contudo estes sugerem comportamentos muito semelhantes entre todas as estações consideradas, que se traduz pelo registo de concentrações mais elevadas nos períodos em que ocorrem menos chuvas, temperaturas mais altas e radiação solar intensa, a qual actua sobre os óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis dando origem ao ozono.

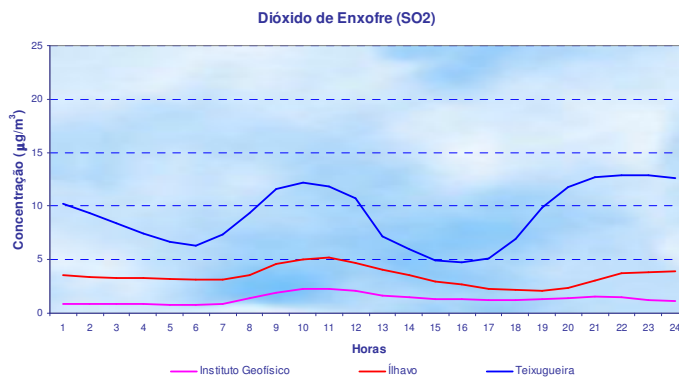
À semelhança do verificado no ciclo diário do ozono o ciclo anual apresenta os valores mais elevados na estação de Fornelo do Monte.

Ciclos de Poluição em Ambiente Urbano

Ciclo diário

Dióxido de Enxofre (SO₂)

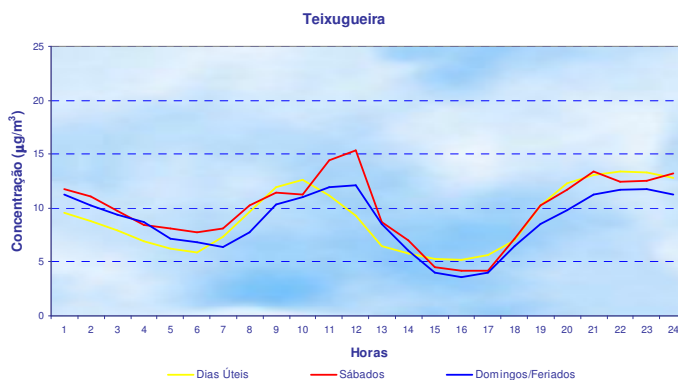
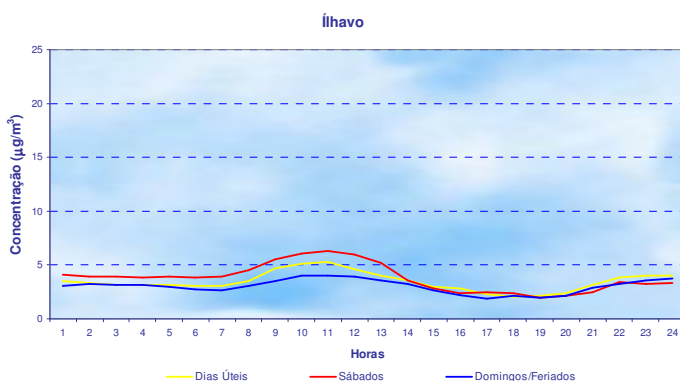
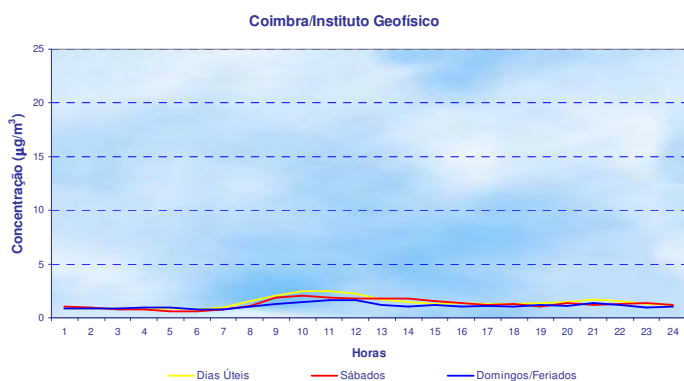
No gráfico seguinte são apresentados os perfis diários do poluente dióxido de enxofre para as estações sitas em ambiente urbano, sendo verificado comportamentos diferenciados conforme a tipologia da estação, de fundo (Inst. Geofísico e Ílhavo) ou industrial (Teixugueira).



O ciclo anual da Teixugueira apresenta dois mínimos nas suas médias horárias registados pelas 6 e as 16 horas do dia, enquanto as estações de fundo assinalam uma ligeira subida dos valores pelas 10 horas.

As médias horárias de SO₂ obtidas para cada estação revelam maiores valores para a estação da Teixugueira, estação se encontra próximo da zona industrial de Estarreja, como seria expectável, dado que este poluente tem uma origem essencialmente industrial, contudo a ordem de grandeza dos mesmos é muito baixa.

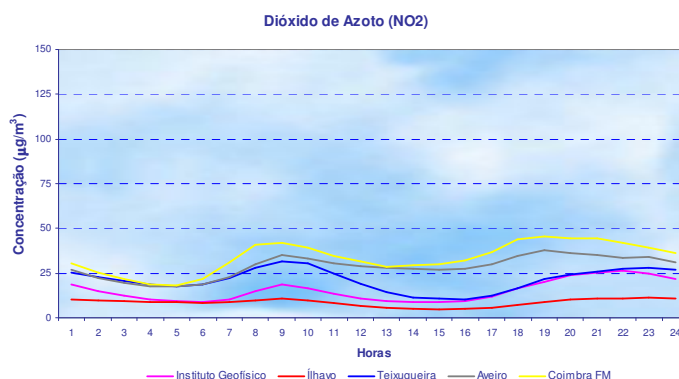
As representações gráficas apresentadas de seguida mostram os perfis horários, para cada estação, para os dias úteis, Sábados e Domingos/Feriados.



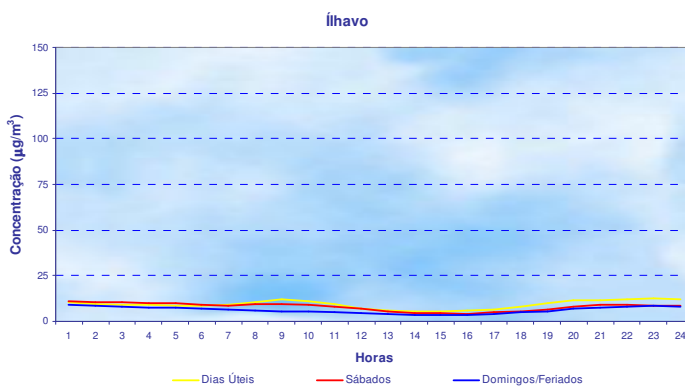
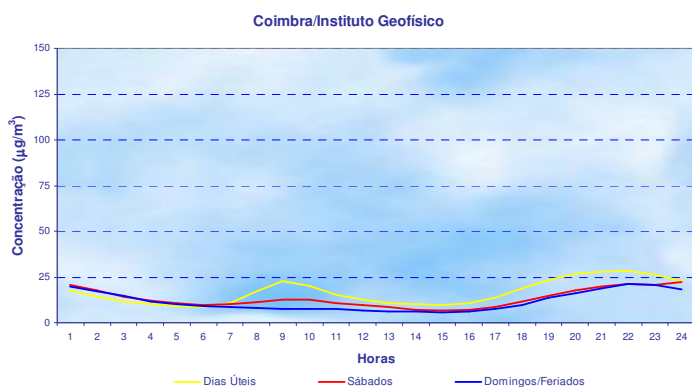
Da análise do figurado verifica-se que nenhuma estação apresenta grandes variações entre os três ciclos diários em estudo, pelo que se conclui que o poluente SO₂ não está grandemente relacionado com a actividade humana e a sua variação semanal.

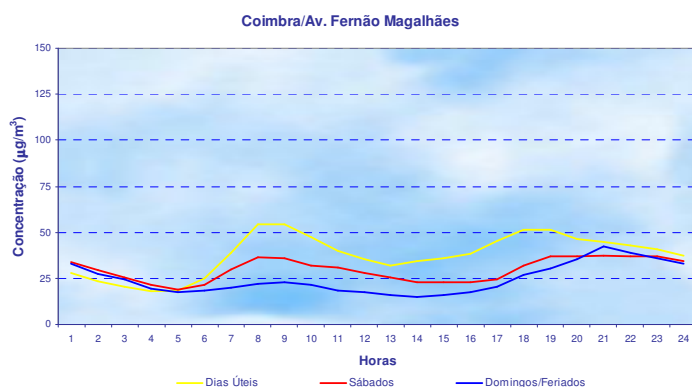
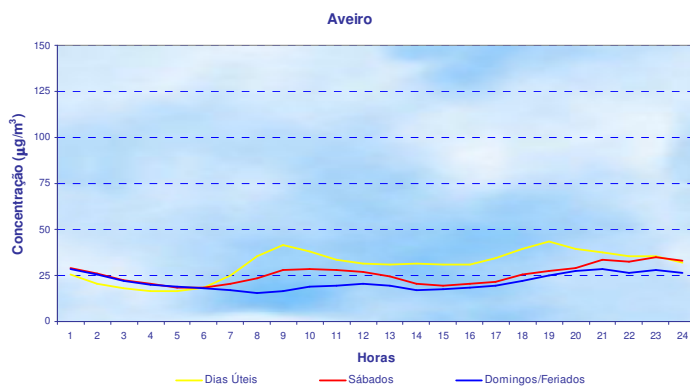
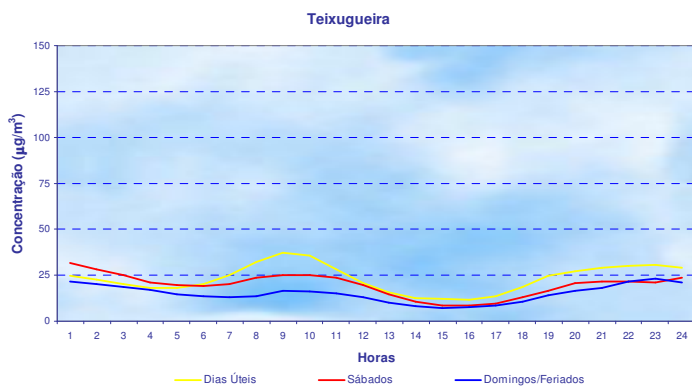
Dióxido de Azoto (NO₂)

O poluente dióxido de azoto é monitorizado nas cinco estações da qualidade do ar localizadas em áreas urbanas, cujos perfis diários, apresentados na figura seguinte, revelam características semelhantes entre si, de um modo geral, cujos valores das médias horárias mais elevados se encontram afectos às estações de Coimbra/Av. Fernão Magalhães e Aveiro, sendo contudo distantes da ordem de grandeza do valor limite horário do NO₂.



Nos gráficos seguintes são mostradas as variações das médias horárias do poluente NO₂, ao longo do dia e ao longo da semana, para as estações com uma localização mais remota, do tipo fundo, as estações que controlam a poluição atmosférica proveniente da circulação do tráfego automóvel e também a estação da Teixugueira, do tipo industrial.



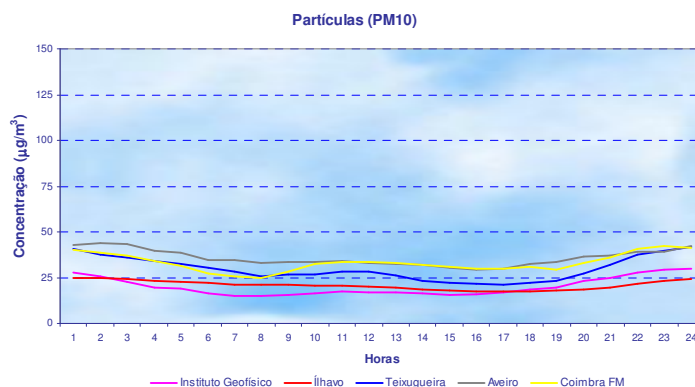


Analisando todos os perfis diários apresentados conclui-se que o ciclo afecto aos dias úteis é aquele que apresenta concentrações médias de NO_2 mais elevadas, tal como seria de esperar, atendendo à causa principal da emissão de NO_2 em ambiente urbano, a qual se encontra afectada à queima de combustíveis, quer em fontes fixas industriais, quer em veículos automóveis, pelo que os dias de semana são aqueles que apresentam maior circulação automóvel e mais industrias em laboração.

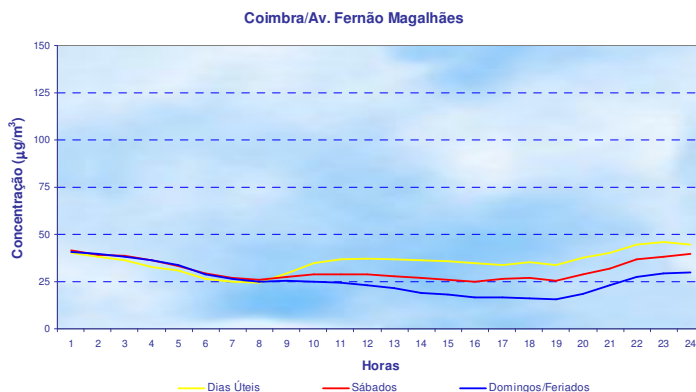
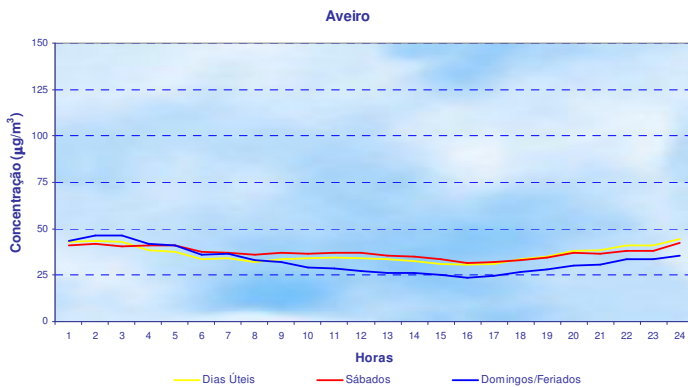
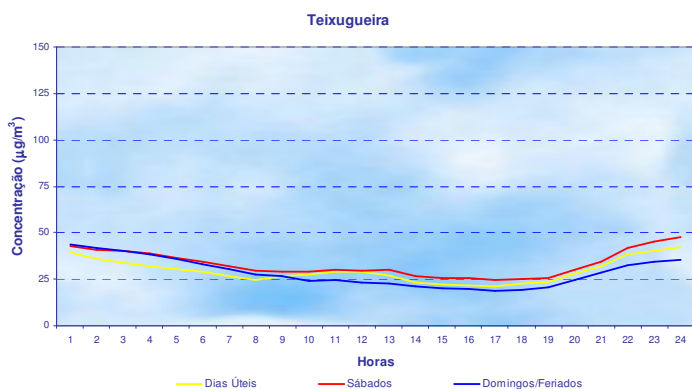
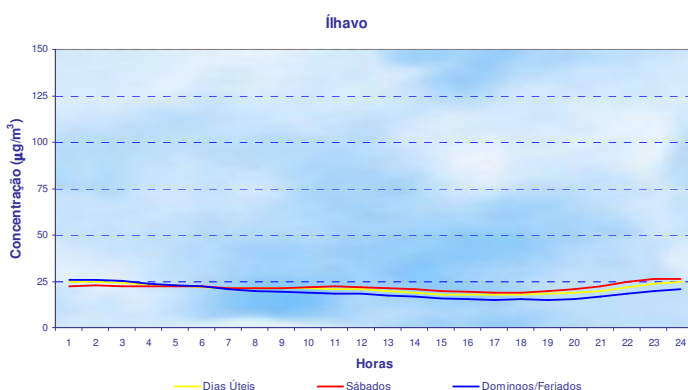
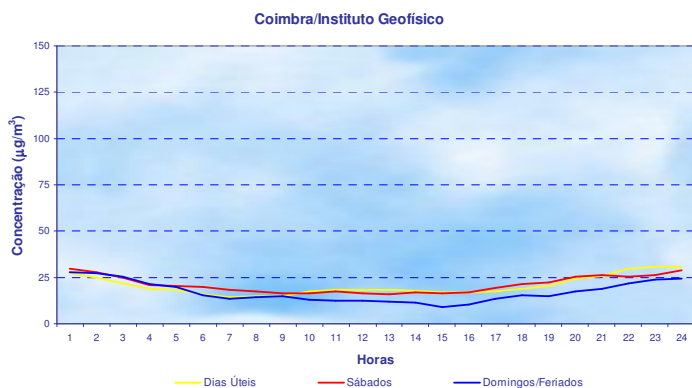
Para as estações de tráfego os seus perfis diários evidenciam para os dias úteis dois máximos que ocorrem entre as 7 e as 9 horas e as 19 e as 21 horas, que se tratam dos períodos do dia com maior circulação de veículos.

Partículas (PM10)

A figura seguinte mostra os perfis diários de partículas (PM10) obtidos para as estações localizadas em ambientes urbanos, os quais revelam que as estações de Coimbra/Av. Fernão Magalhães e Aveiro são aquelas que apresentam as concentrações médias horárias mais elevadas.



Nos gráficos apresentados de seguida são expostos os ciclos diários de PM10 associados aos dias úteis, Sábados e Domingos/Feriados para cada estação.

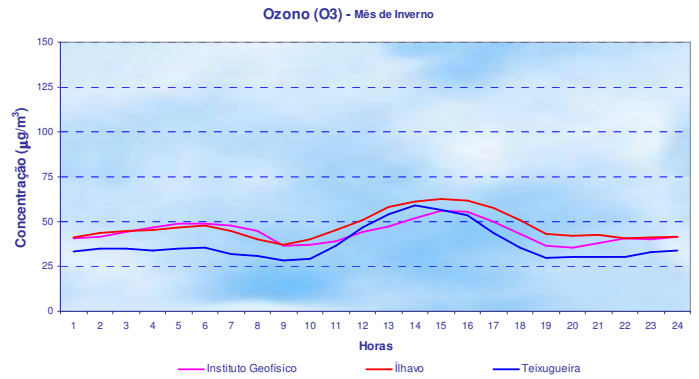
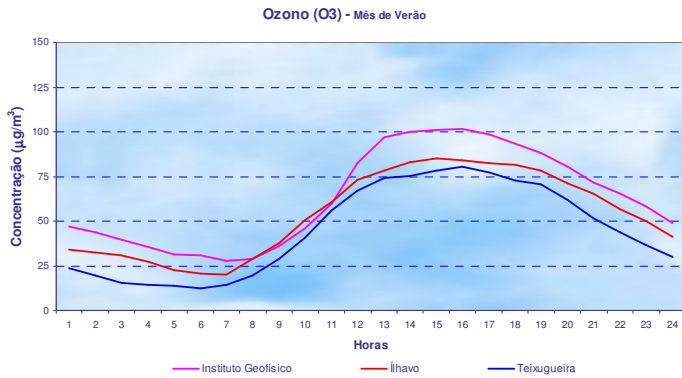


Da observação dos gráficos constata-se que este poluente não apresenta grandes variações comportamentais nos seus perfis diários, nem entre os três ciclos estudados, no entanto regista-se, para todos os perfis, valores das médias horárias ligeiramente mais elevados nas primeiras e últimas horas do dia.

Face ao exposto, conclui-se que a existência deste poluente na atmosfera não depende apenas da actividade humana e das suas variações ao longo do dia e da semana, mas também de outros factores, nomeadamente os fenómenos de origem natural. Quanto às concentrações mais elevadas dos vários perfis estão associadas essencialmente ao aquecimento doméstico.

Ozono (O₃)

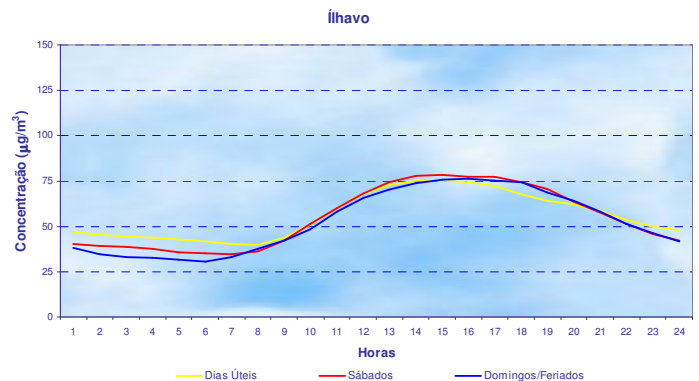
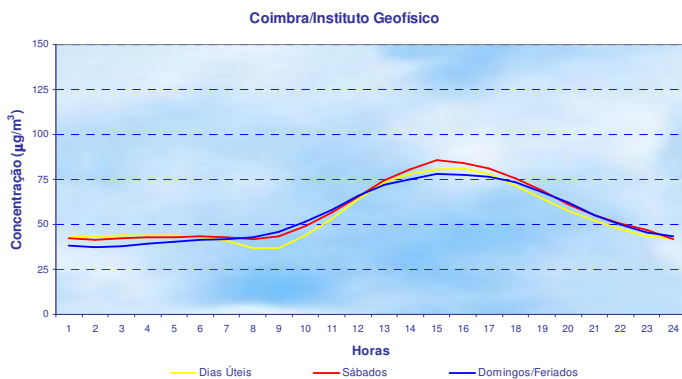
Os gráficos abaixo apresentados mostram para as três estações da qualidade do ar situadas em áreas urbanas que monitorizam ozono, os seus perfis diários tanto para um mês de Verão como para um mês de Inverno.

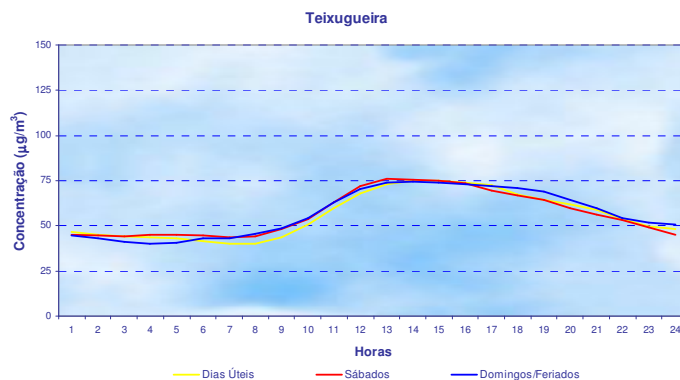


Da análise dos gráficos verifica-se que os perfis diários apresentam um comportamento muito semelhante entre si e igualmente semelhante aos perfis registados nas estações da qualidade do ar situadas em ambientes rurais, os quais apresentam as concentrações mais elevadas durante a tarde, coincidente com as horas de maior radiação solar e temperaturas mais elevadas que potenciam a formação de ozono.

Desta forma, verifica-se que as concentrações médias horárias de ozono registadas no mês de Verão são mais elevadas que as registadas no mês de Inverno, como seria de esperar.

Note-se que, o ozono é um poluente secundário que resulta de reacções químicas entre os poluentes precursores, nomeadamente óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis, cuja formação do poluente depende da presença destes poluentes na atmosfera e da existência de condições catalisadoras (temperaturas elevadas e radiação solar intensa) que propiciam a realização das reacções químicas.

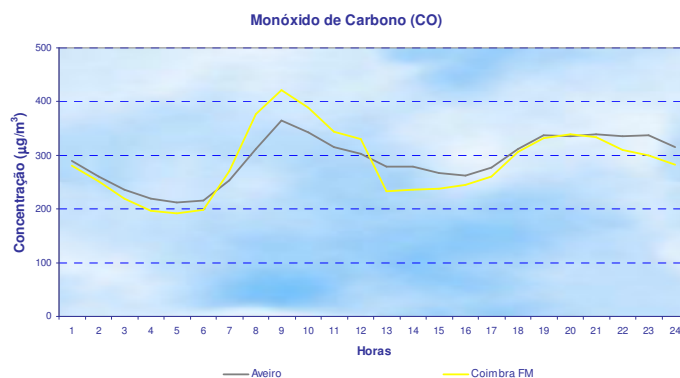




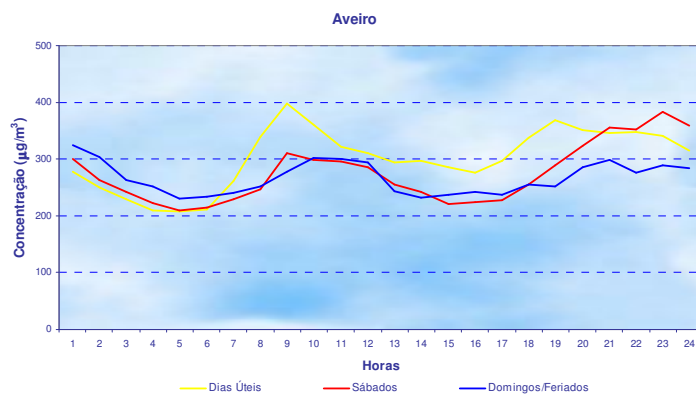
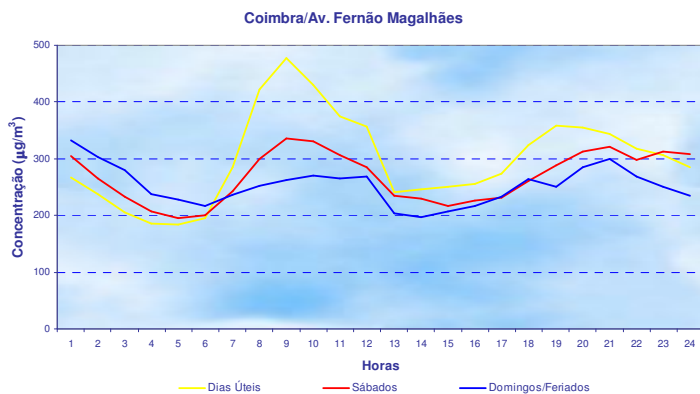
A observação dos gráficos anteriores permite concluir que os perfis diários afectos aos dias úteis, Sábados e Domingos/Feriados não apresentam diferenças entre si, o que leva a crer que as condições favoráveis á formação de ozono não dependem essencialmente das actividades humanas e das suas variações ao longo da semana.

Verifica-se que, todas as estações apresentam um máximo das médias horárias para cada perfil pela tarde.

Monóxido de Carbono (CO)



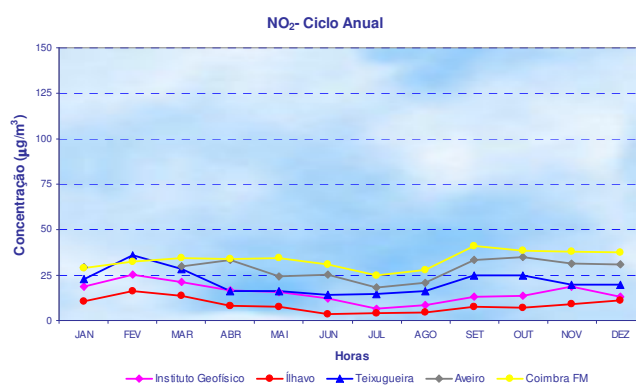
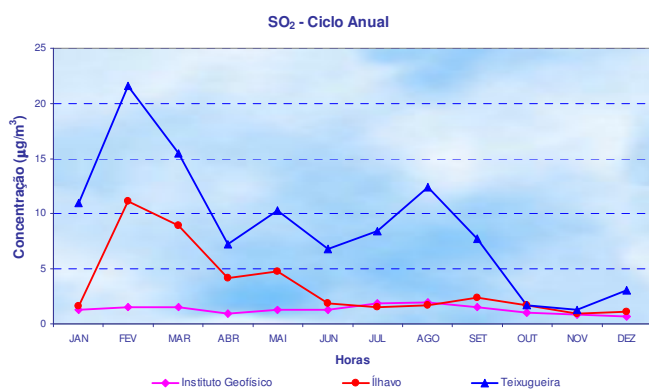
O gráfico anterior representa os ciclos diários do poluente monóxido de carbono para as duas estações da rede da qualidade do ar da Região Centro onde o poluente é medido, nomeadamente as estações de tráfego, cuja emissão do monóxido de carbono em ambientes urbanos resulta essencialmente da circulação automóvel.



Da análise das representações gráficas acima apresentadas relativas aos ciclos diários para os dias úteis, Sábados e Domingos/Feriados referentes às estações de tráfego, conclui-se que o perfil diário de CO é reflexo da intensidade do tráfego automóvel. Verifica-se à semelhança do NO₂ um comportamento bimodal do poluente, com dois máximos coincidentes com as horas de ponta da manhã e da tarde, sendo as concentrações máximas registadas nos dias úteis e na estação de Coimbra/Av. Fernão Magalhães.

Ciclo anual

Os gráficos seguintes apresentam os perfis anuais dos diversos poluentes monitorizados nas estações fixas da rede da qualidade do ar da Região Centro localizadas em áreas urbanas.



Os ciclos anuais do poluente dióxido de enxofre relativos às estações da Teixugueira e Ílhavo manifestam grandes variações comportamentais, a destacar os máximos das suas concentrações mensais registados no mês de Fevereiro, enquanto para a estação de Coimbra/Inst. Geofísico o seu perfil é bastante uniforme ao longo do ano.

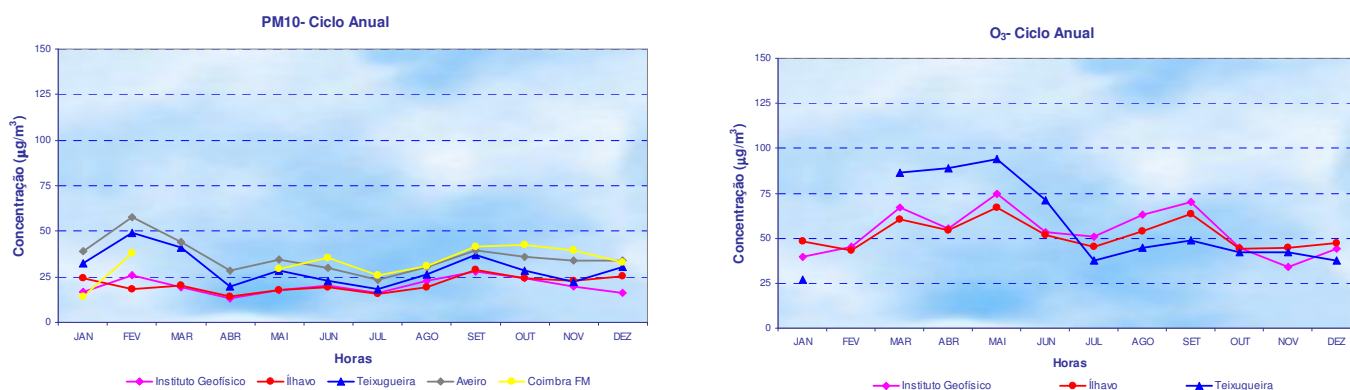
A conduta dos ciclos anuais das estações da Teixugueira e Ílhavo justifica-se pela proximidade que estas têm de unidades industriais, principal fonte de emissão do poluente SO₂, sendo que a estação da Teixugueira se encontra na

vizinhança do complexo industrial de Estarreja e ainda relativamente próxima da fábrica de pasta de papel sita em Cacia/Aveiro. A estação de Ílhavo sofre igualmente a influência da unidade industrial de pasta de papel de Cacia. As variações dos valores das médias mensais que se fazem sentir estão relacionadas em parte com as condições de dispersão do poluente.

Verifica-se ainda, que a ordem de grandeza das médias mensais é bastante baixa, sendo a estação da Teixugueira a que apresenta concentrações mais elevadas.

Quanto aos perfis anuais do poluente dióxido de azoto, apresentados na segunda figura, conclui-se que estes não revelam variações consideráveis ao longo do ano, tanto no comportamento como nos valores das médias mensais, contudo é perceptível que os meses de Inverno são os que registam maiores concentrações.

De um modo geral as concentrações das médias mensais apresentadas não são elevadas e as estações de Coimbra/Av. Fernão Magalhães e Aveiro são as que apresentam os valores mais altos seguida da estação da Teixugueira, facto que se deve à presença na área envolvente das estações de factores que potenciam a emissão de dióxido de azoto (queima de combustíveis).



Os gráficos anteriores mostram os perfis anuais para os poluentes partículas (PM10) e ozono.

Os perfis associados ao poluente partículas apresentam variações muito semelhantes para as cinco estações, os quais revelam um máximo para a maioria das estações no mês de Fevereiro, ainda que haja a assinalar uma falha de dados para a estação de Coimbra/Av. Fernão Magalhães. O máximo referido está relacionado com a utilização de aquecimento doméstico decorrente da queima de lenha ou gasóleo, cumulativamente com todos os outros factores responsáveis pela emissão de partículas, e ainda das condições diminutas de dispersão do poluente devido aos ventos fracos sentidos nos períodos de Inverno.

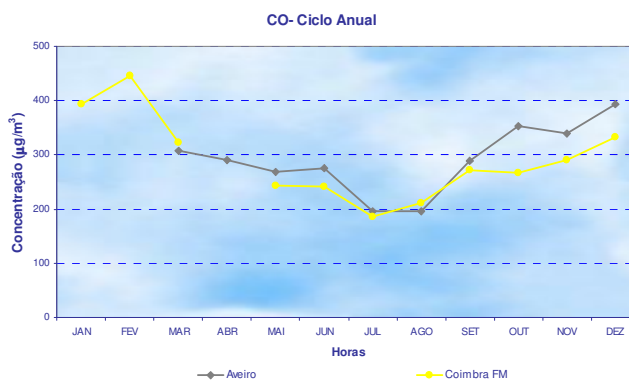
A presença deste poluente na atmosfera, tal como já foi dito na análise efectuada para as estações localizadas em ambiente rural, depende da ocorrência de eventos naturais (p. e. incêndios florestais e transporte de partículas provenientes dos desertos do Norte de África) e de actividades humanas pulverulentas.

No ano de 2009 foi registada a ocorrência de um número reduzido de incêndios florestais na Região Centro e também a ocorrência de relativamente poucos episódios de transporte de partículas provenientes dos desertos Africanos, pelo que se considera que ocorreram poucos casos de eventos naturais responsáveis pela emissão de PM10.

Assim, o ano de 2009 pauta-se por apresentar as concentrações mais elevadas de PM10 associadas às estações de tráfego e industrial, sendo aquelas que apresentam uma forte actividade humana afecta tanto ao tráfego automóvel como à laboração industrial.

Os ciclos anuais afectos ao poluente ozono, para o ano de 2009, revelam comportamentos similares para as estações de Coimbra/Instituto Geofísico e Ílhavo, cujos máximos registados ocorreram nos meses de Maio e Setembro. A estação da Teixugueira já apresenta os valores máximos das médias mensais no mês de Maio, com uma ordem de grandeza maior que a verificada para as restantes estações. Salienta-se, contudo, que a estação da Teixugueira não dispõe de dados no mês de Fevereiro.

As variações dos perfis anuais registadas encontram-se associadas às variações dos factores que condicionam a formação do poluente ozono, nomeadamente a presença na atmosfera dos poluentes precursores (óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis) e de altas temperaturas e forte radiação solar.



O gráfico acima mostra o perfil anual do monóxido de carbono obtido para as estações da qualidade do ar do tipo tráfego, que devido à sua localização sofrem a influência da poluição atmosférica resultante do tráfego automóvel que circula nas cidades de Coimbra e Aveiro.

A análise dos ciclos anuais de CO permite concluir, ainda que sem a informação completa para todo o ano civil e para as duas estações, que os meses de Inverno apresentam as concentrações mais elevadas, sendo o mínimo registado nos meses de Julho e Agosto.

Tal comportamento é explicado com as fracas condições de dispersão de poluentes verificadas no período de Inverno e de o menor número de carros em circulação nas cidades ser registado nos meses de férias por excelência.