

PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (CTRSU) DA VALORSUL: 1999-2015

Paulo Gomes, Sandra Trindade, Luisa Carrilho, Márcio Santos

SondarLab – Laboratório da Qualidade do Ar, Lda
Centro Empresarial da Gafanha da Nazaré
Rua de Goa, n.º 20, Bloco C, 2º Andar, E20
3830-702 GAFANHA DA NAZARÉ

1. INTRODUÇÃO

O programa de Avaliação da Qualidade do Ar da CTRSU da Valorsul iniciado em 1999 engloba a monitorização de diversos parâmetros de qualidade do ar de forma descontínua. Assim, para além dos parâmetros medidos em contínuo pela Rede de Vigilância da Qualidade do Ar (RVQA) da Valorsul (PM₁₀, NO_x, SO₂, CO e O₃) nos quatro locais (Santa Iria da Azóia, São João da Talha, Bobadela e Póvoa de Santa Iria), fizeram parte do programa definido para 2015 a medição complementar dos seguintes parâmetros na estação de São João da Talha, de forma descontínua:

- Amostragem diária com periodicidade semanal (1 dia/semana) dos metais pesados na fase particulada PM₁₀ constantes na legislação portuguesa (Pb, Ni, As e Cd), representando 14% do ano, valor mínimo definido pelo Decreto-Lei 102/2010 de 23 de Setembro para medições indicativas. De acordo com os requisitos metodológicos definidos no Parte A do Anexo II do DL 102/2010, de forma a poderem ser comparáveis os resultados obtidos com os valores limite descritos na legislação, as medições deverão abranger cerca de 14% do ano, ou seja 52 dias de medição. Desta forma, é conseguida uma amostragem aleatória do ano e das diversas condições que nela ocorrem, nomeadamente diferentes condições quer meteorológicas como de dispersão de poluentes atmosféricos, e de sazonalidade/intensidade das fontes emissoras, que possibilitam com confiança reportar valores médios de concentração de poluentes representativos das diferentes condições observadas num ano;
- Realização de oito campanhas semanais (7 dias de medição) de amostragem de Mercúrio gasoso total distribuídas uniformemente ao longo do ano, representando 14% do ano, valor mínimo definido pelo Decreto-Lei 102/2010 para medições indicativas;
- Recolha duas vezes por ano (amostragem semestral) de dioxinas e furanos durante um período de 3 dias.

O Programa de Monitorização da Qualidade do Ar em descontínuo, tem vindo ao longo dos anos de monitorização, a ser adaptado em função dos resultados obtidos. Em 2011, o plano de trabalhos foi revisto no que respeita a uma redução no número de locais de monitorização, que passou a ser apenas executado em dois postos (Bobadela e São João da Talha). Foi introduzida a determinação da concentração de metais na fração PM₁₀, em detrimento de duas frações PM_{2,5} e 2,5<PM<10 µm. Foi também excluída a monitorização de compostos ácidos e derivados particulados, e a redução para uma frequência semestral a amostragem de dioxinas e furanos.

Em 2013, as principais alterações introduzidas ao programa de monitorização foram, a redução para apenas um posto de medição (São João da Talha), a eliminação do parâmetro Benzeno e a introdução do parâmetro Mercúrio gasoso total.



Figura 1 – Localização do posto de monitorização da qualidade do ar relativamente à Central da Valorsul e respetiva rosa de ventos registada em 2015

Os dados obtidos em 2015, foram analisados através da utilização de diferentes ferramentas de interpretação, mediante os objetivos traçados para o programa de monitorização:

- Sempre que possível comparação com valores limite/alvo, presentes na legislação portuguesa ou valores de referência estabelecidos por organizações internacionais, e enquadramento dos dados obtidos face a valores de concentração característicos de diferentes zonas: rurais, urbanas ou industriais.
- Avaliação da sazonalidade (variação com as diferentes estações do ano) das concentrações medidas durante o ano de 2015, e enquadramento das concentrações obtidas em 2015 face ao histórico de dados existentes para a estação de São João da Talha, pelo cálculo e representação gráfica dos seguintes parâmetros estatísticos: Mínimo, Percentil25 (P25), Mediana, Percentil75 (P75) e Máximo.

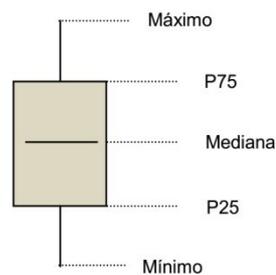


Figura 2 – Esquema de apresentação dos parâmetros estatísticos calculados.

- Avaliação das concentrações dos parâmetros medidos face à direção e velocidade do vento, no sentido de constatar ou não a existência da influência das emissões provenientes da área onde se localiza a CTRSU nas concentrações medidas. A CTRSU da Valorsul está inserida numa zona industrial, com fontes de emissão de poluentes atmosféricos resultantes de outras atividades industriais existentes na mesma área, pelo que a análise realizada pretende apenas avaliar o comportamento das concentrações de poluentes medidos nas massas de ar provenientes dessa área, não pretendendo ser conclusiva relativamente à atribuição de responsabilidade exclusiva da CTRSU nas concentrações medidas.

Para as duas últimas ferramentas de interpretação, é utilizado um teste estatístico U de Mann-Whitney, que sendo um teste não-paramétrico, permite a comparação de amostras de dados com diferentes distribuições estatísticas.

Os trabalhos de monitorização apenas foram iniciados em finais de março, tendo como consequência a inexistência, neste primeiro ano do triénio 2015 – 2017, de valores representativos da estação de inverno.

2. RESULTADOS

Face às condições meteorológicas observadas em 2015, o local de medição esteve sujeito a ventos maioritariamente de noroeste com 38% das ocorrências. Relativamente aos ventos provenientes da área de localização da CTRSU e sujeitos não só à influência das suas emissões, mas também de outras atividades existentes (nordeste e este), foram observados cerca de 20% das ocorrências.

2.1. Metais Pesados na fase particulada

Os valores de concentração de metais medidos em 2015 estiveram de uma forma geral muito abaixo dos valores limite/alvo definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010. O valor médio anual obtido para o Chumbo em 2015 foi de 5,0 ng/m³, sendo muito inferior ao valor limite anual de 500 ng/m³, e representado apenas 1% do valor limite anual. Relativamente às concentrações de Níquel, o valor médio anual foi de 2,7 ng/m³, ficando abaixo do valor alvo anual de 20 ng/m³, e representado apenas 10% do valor alvo. No caso do Arsénio, o valor médio de concentração foi de 0,57 ng/m³, representado 10% do valor alvo anual de 6 ng/m³. Finalmente o Cádmiu apresentou um valor médio anual de 0,11 ng/m³, sendo apenas 2% do valor alvo anual de 5 ng/m³.

Os valores de metais pesados registados em 2015 enquadram-se em valores típicos de zonas com baixa exposição a fontes emissoras de metais pesados, mantendo-se o padrão de exposição idêntico ao observado no ano de 2013. Assim, apesar do local de amostragem estar situado numa zona suburbana de elevada densidade populacional, com vias de tráfego importantes e com alguma indústria na envolvente mais próxima, as concentrações atmosféricas de Arsénio e de Cádmiu, continuam a observar valores típicos de áreas rurais da União Europeia (WHO, 1995; WG, 2000, Campa *et al.*, 2007). A única exceção para o Cádmiu, foi o valor obtido na última medição do ano (29/12/2015), com uma concentração a apresentar uma ordem de grandeza acima dos restantes valores medidos durante o ano (2,3 ng/m³), típico de locais em área urbana ou industrial (WHO, 1995 e WG, 2000).

Para o Arsénio e Cádmiu, os valores medidos estão igualmente dentro da gama de valores obtidos entre 2003 e 2010 em zonas rurais do Reino Unido (Font *et al.*, 2015). Relativamente ao Cádmiu o valor médio obtido enquadra-se dentro da gama observada no Sul da Europa em 2003 (Aas *et al.*, 2005) e na zona inferior do intervalo de valores observados nas zonas urbanas em Espanha entre 1995 e 2006 (Querol, *et al.*, 2007).

Os valores atmosféricos de Níquel evidenciaram concentrações típicas de zonas urbanas da União Europeia (WHO, 1995 e WG, 2000), apresentando igualmente valores de concentração equivalentes aos observados em estudos anteriores em zonas rurais em Espanha (Salvador *et al.*, 2007; Campa *et al.*, 2007). Os valores medidos estão igualmente dentro da gama de valores obtidos entre 2003 e 2010 em zonas rurais do Reino Unido (Font *et al.*, 2015) e na zona inferior do intervalo de valores observados nas zonas urbanas em Espanha entre 1995 e 2006 (Querol, *et al.*, 2007).

Na análise evolutiva sazonal das concentrações dos poluentes medidos, é importante ter em consideração que, assumindo circunstâncias de emissão de poluentes constantes durante o ano, as diferentes condições atmosféricas condicionam de forma preponderante as concentrações dos poluentes gasosos primários na atmosfera. Durante os meses de primavera/verão, a altura da camada de mistura é mais elevada em consequência de fenómenos térmicos, registando-se condições de dispersão mais significativas durante este período. Por oposição, durante os meses de outono/inverno verifica-se uma altura da camada de mistura menor, que, associada a condições de

maior estabilidade atmosférica, resulta numa menor capacidade de dispersão atmosférica. Este facto, traduz-se em concentrações de poluentes geralmente mais elevadas nos meses de outono/inverno face à primavera/verão.

As concentrações de metais pesados apresentam, de uma forma generalizada, um perfil de variação anual típico, resultante das variações das condições de dispersão atmosféricas. Observou-se para o Chumbo, Arsénio e Cádmio, que as concentrações obtidas durante o verão assumem os valores mais baixos do ano, em virtude das condições de maior dispersão atmosférica que este período e o final da primavera normalmente apresentam, com maior altura da camada de mistura e condições típicas de brisa marítima durante o período vespertino. Na ausência de dados obtidos durante o inverno, os valores de outono para o Chumbo e Cádmio evidenciaram de forma clara concentrações mais elevadas. No caso do Arsénio, registou-se uma similitude de valores quer no período da primavera como no outono.

O Níquel foi o único parâmetro, dentro dos metais pesados na fase particulada, a apresentar um perfil de variação distinto, com valores de concentração semelhantes nas diferentes estações do ano. Este facto sugere um maior distanciamento das emissões que influenciaram as concentrações neste local, visto que as condições de maior ou menor estabilidade não se refletiram na menor ou maior dispersão dos poluentes emitidos. Se as fontes emissoras que maioritariamente influenciaram as concentrações medidas de Níquel estivessem na área em estudo, as condições de maior ou menor dispersão teriam condicionado a maior ou menor grandeza dos resultados.

É importante recordar que este foi o único metal pesado que evidenciou níveis de concentração típicos de área urbana da União Europeia (WHO, 1995 e WG, 2000), podendo por isso refletir a influência de outras zonas mais poluídas.

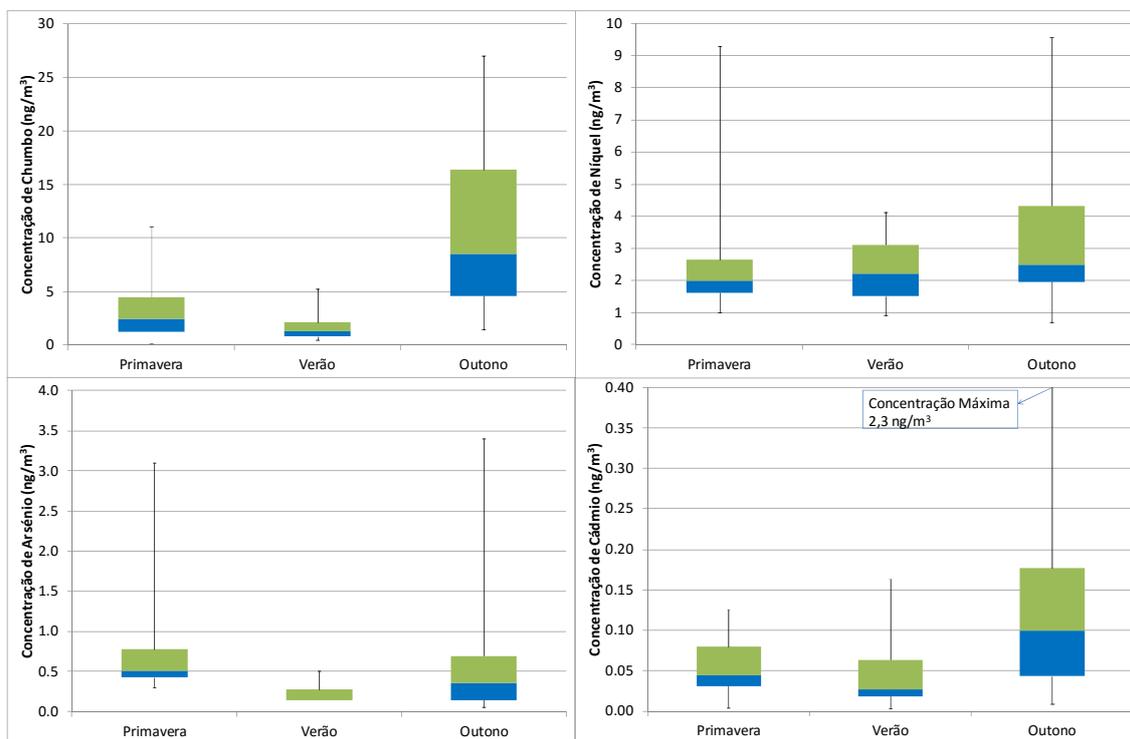


Figura 2 – Representação gráfica dos parâmetros estatísticos (Mínimo, Percentil25, Mediana, Percentil75 e Máximo) das concentrações diárias de metais pesados por estação do ano.

Avaliando a tendência evolutiva dos dados obtidos em 2015 face aos observados desde o início do plano de monitorização em 1999 (Figura 3), através da aplicação do teste U de Mann-Whitney (Tabela 1), verifica-se para o outono/inverno, período em que as concentrações são mais elevadas durante o ano, que os valores de concentração obtidos em 2015, são claramente inferiores ao

histórico de dados até 2012. Para o período do ano em que as concentrações são mais baixas (primavera/verão), os dados obtidos para o Chumbo e Cádmio em 2015 são igualmente inferiores. No caso do Níquel e Arsênio, as concentrações de 2015 mantiveram-se dentro da gama de valores registada até 2012.

Importa referir que para o Arsênio, o histórico de dados considerado, foi o período de 2001 a 2004. Como fora deste intervalo de tempo, os valores de concentração foram baixos e maioritariamente inferiores ao respetivo limite de quantificação, de 1,7 ng/m³, e sendo este limite de quantificação superior ao P75 dos dados de 2015, é inadequada a comparação desses valores com os valores obtidos em 2015, onde o limite de quantificação é de 0,14 ng/m³.

Fazendo uma comparação com os valores obtidos no último ano de monitorização (2013), à exceção do Arsênio, observou-se no período de outono/inverno concentrações de Chumbo e Níquel mais elevadas em 2015, mantendo-se semelhantes em relação ao Cádmio.

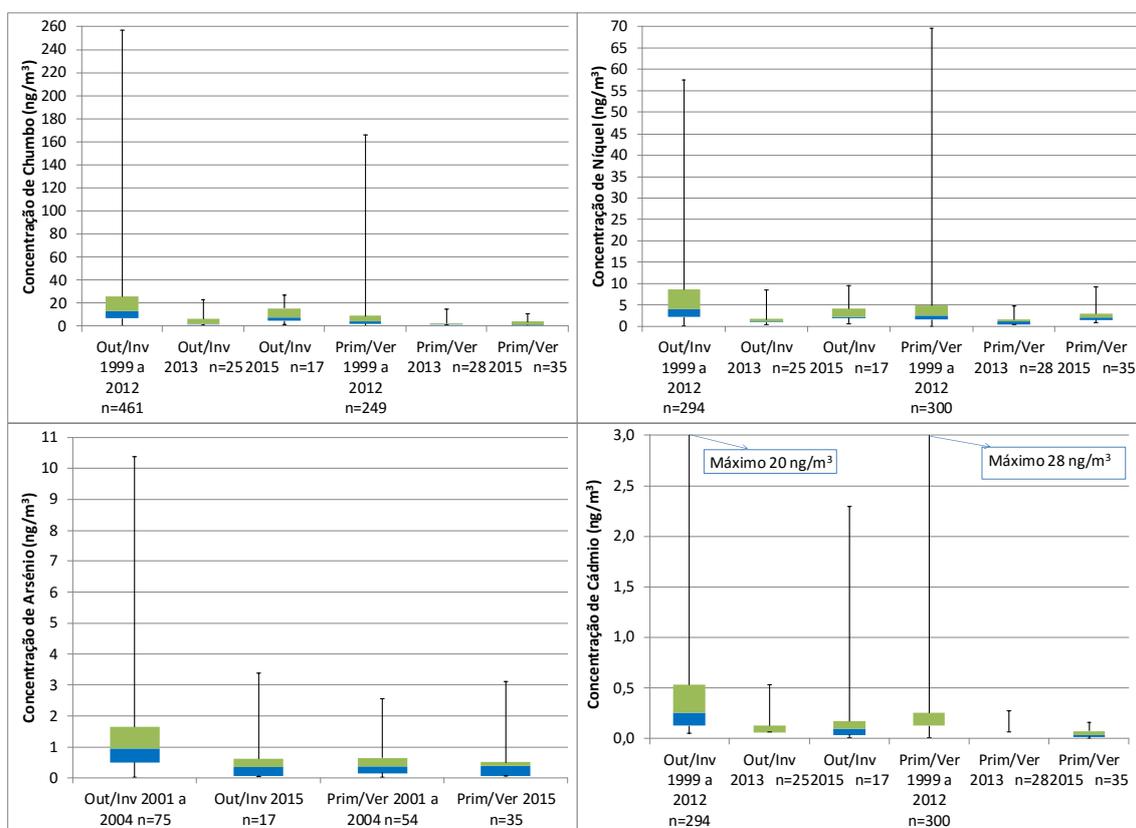
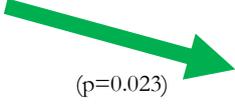
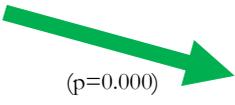
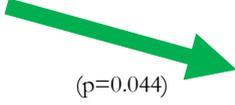
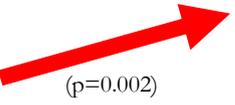
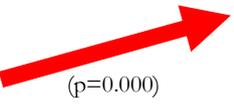
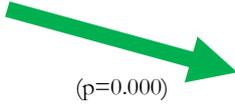
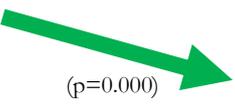
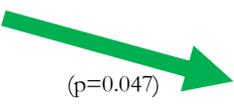
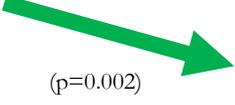


Figura 3 – Parâmetros estatísticos (mínimo, P25, mediana, P75 e máximo) das concentrações de Chumbo, Níquel, Arsênio e Cádmio para os diferentes períodos considerados.

No período de primavera/verão, os três parâmetros em estudo evidenciaram comportamentos distintos: o Chumbo manteve as concentrações, o Níquel registou um aumento e o Cádmio evidenciou uma descida de concentrações em 2015. Os valores de Arsênio maioritariamente inferiores ao limite de quantificação no ano de 2013, impossibilitaram a comparação dos dados entre 2013 e 2015.

Na Figura 4 são apresentados os vários parâmetros estatísticos (mediana; máximo; mínimo e percentis 25 e 75), agrupados em época do ano, para dois cenários diferentes: valores de concentração obtidos com ventos provenientes da área de localização da CTRSU em menos de 20% do período diário amostrado, e valores de concentração obtidos com ventos provenientes da área de localização da CTRSU em mais de 20% do período diário amostrado. É igualmente apresentado no gráfico o resultado da comparação entre amostras nos dois cenários, através da aplicação do teste U de Mann-Whitney.

Tabela 1 – Resultados da aplicação do teste estatístico U Mann-Whitney aos dados de metais pesados para os diferentes períodos em avaliação.

| Parâmetro | out/inv até 2012 vs. out/inv 2015 | out/inv 2013 vs. out/inv 2015 | prim/ver até 2012 vs. prim/ver 2015 | prim/ver 2013 vs. prim/ver 2015 |
|-----------|--|--|--|--|
| Chumbo |  (p=0.023) |  (p=0.012) |  (p=0.000) |  (p=0.194) |
| Níquel |  (p=0.044) |  (p=0.002) |  (p=0.093) |  (p=0.000) |
| Cádmio |  (p=0.000) |  (p=0.779) |  (p=0.000) |  (p=0.047) |
| | out/inv 2001 a 2004 vs. out/inv 2015 | | prim/ver 2001 a 2004 vs. prim/ver 2015 | |
| Arsênio |  (p=0.002) | |  (p=0.872) | |

Legenda:

 - As diferenças observadas são estatisticamente significativas. A amostra de valores de 2015 apresenta valores inferiores ao histórico.

 - As diferenças observadas são estatisticamente significativas. A amostra de valores de 2015 apresenta valores superiores ao histórico.

 - Não existem diferenças estatisticamente significativas.

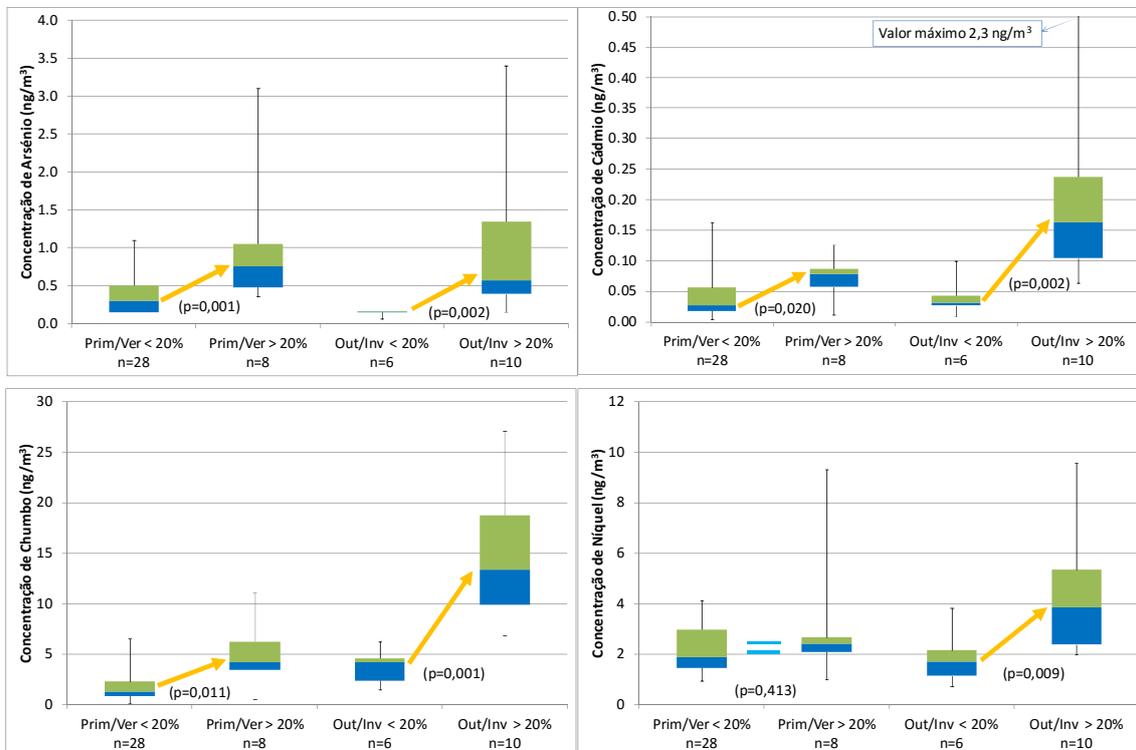


Figura 4 – Parâmetros estatísticos das concentrações diárias de metais pesados para os dois períodos considerados de outono/inverno e primavera/verão, nas condições de maior ou menor que 20% de influência de ventos provenientes da área onde se localiza CTRSU.

A análise aos dados apresentados anteriormente, permite constatar uma diferença estatisticamente significativa entre os valores de concentração obtidos para os metais pesados nos dois cenários estudados. Excetuando o Níquel no período da primavera/verão, os valores diários de concentração obtidos, quando a percentagem de ventos provenientes da área de localização da CTRSU é menor, são inferiores às concentrações obtidas, quando a exposição a ventos com influência dessa área é maior. Apesar da aparente influência das emissões provenientes da área onde se localiza a CTRSU, as concentrações mantiveram-se ao nível das concentrações típicas de ambientes rurais e urbanos, e muito abaixo dos respetivos valores limite e valores alvo presentes na legislação.

2.2. Mercúrio

O valor médio anual de Mercúrio gasoso total foi de 4,1 ng/m³, verificando-se um valor máximo semanal de 6,1 ng/m³. Os valores obtidos situam-se muito abaixo do valor guia definido pela OMS para a média anual, que é de 1000 ng/m³, apresentando igualmente valores de concentração equivalentes aos observados na União Europeia para áreas urbanas 0,1 – 5 ng/m³ (WHO, 2000).

Comparando com valores de Mercúrio obtidos nos últimos 10 anos no Reino Unido em vários tipos de estações de monitorização, os valores obtidos enquadram-se na gama de valores observados em estações com alguma influência de emissões industriais (Brown, *et al*, 2015).

Os oito valores semanais obtidos ao longo de 2015, não evidenciam um padrão bem definido de variação anual das concentrações (Figura 5a). Os valores máximos foram registados nas duas amostragens de junho e julho, com um valor muito próximo do obtido em outubro. O valor mínimo semanal foi registado em setembro.

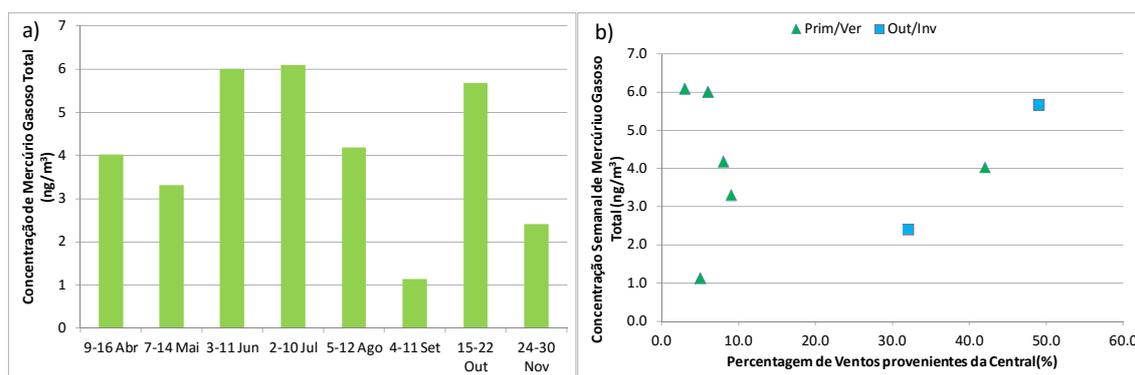


Figura 5 – Variação temporal dos níveis médios semanais de Mercúrio Gasoso Total ao longo de 2015 (a) e Variação da concentração média semanal de Mercúrio com a percentagem de ventos provenientes da área onde se localiza a CTRSU (b)

Analisando a Figura 5b), não se verifica uma tendência para o registo de valores mais elevados, quando a percentagem de ventos provenientes da área de localização da CTRSU é maior. Aliás, os dois valores mais elevados de Mercúrio foram registados nos períodos em que se registou menor incidência de ventos com proveniência dessa área.

Verifica-se desta forma que o mercúrio gasoso medido no local de medição indica ser maioritariamente emitido fora da zona em estudo, visto que é pouco sensível às variações das condições de maior estabilidade.

2.2. Dioxinas e Furanos

O valor médio obtido nas duas medições realizadas para as dioxinas e furanos foi de 21 fg I-TEQ/m³, em resultado das concentrações de 11 e 30 fg I-TEQ/m³ obtidos respetivamente no período de verão e no inverno. Estes valores, claramente inferiores a 100 fg I-TEQ/m³, são segundo a OMS indicativos de serem característicos de zonas rurais ou não contaminadas por fontes emissoras de dioxinas e furanos (WHO, 2000).

A análise dos padrões de homólogos de PCDD/F observados em amostras ambientais permite inferir sobre as fontes emissoras predominantes. Assim, segundo diversos autores (Krauthaker *et al.*, 2006; Oh *et al.*, 2006; Coutinho *et al.*, 2015) elevados níveis de furanos de menor cloração evidenciam a influência de fontes de combustão, sendo que qualquer fonte de combustão emite um padrão semelhante de homólogos caracterizados por uma maior percentagem de furanos que dioxinas. Em amostras de ar ambiente de fundo, a fração de dioxinas apresenta uma maior incidência de compostos de maior cloração.

Na Figura 6 é apresentada a concentração total I-TEQ e a distribuição das frações de homólogos nas amostras recolhidas em 2015. Devido ao facto da amostra de verão ter ficado, na sua totalidade, abaixo do limite de quantificação, não é possível apresentar a distribuição das frações de homólogos nessa amostra.

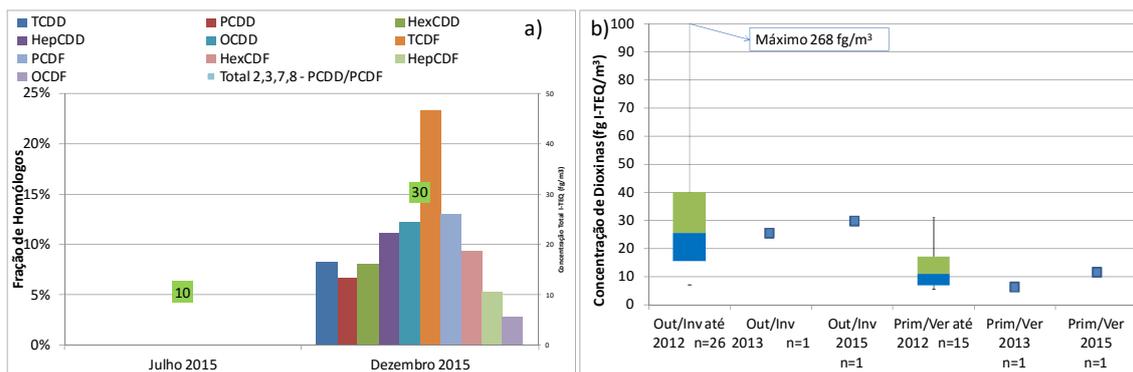


Figura 6 – Perfis de homólogos de PCDD/PCDF nas duas amostras de ar ambiente de 2015. (a) e parâmetros estatísticos das concentrações de PCDD/PCDF para os diferentes períodos considerados (b)

O valor obtido em dezembro mostra uma maior fração de furanos de menor cloração (TetraCDF e PentaCDF), evidenciando assim a existência na área em estudo de fontes de combustão. A maior percentagem de dioxinas de elevada cloração (HeptaCDD e OctaCDD) na respetiva fração, confirma a análise feita anteriormente por comparação dos valores medidos com valores de referência da OMS, em que se conclui que a extensão da exposição do local de medição a este tipo de fontes durante a amostragem foi pouco significativa.

A realização de apenas uma medição de dioxinas e furanos em cada semestre não permite uma análise representativa da variabilidade sazonal das concentrações de 2015. Contudo, os dois valores obtidos seguem o padrão observado nos anos anteriores (IDAD, 2014), caracterizado por níveis de concentração mais elevados no período de outono/inverno em relação ao período de primavera/verão, pelas mesmas razões já anteriormente referidas nos metais pesados (condições de dispersão atmosférica).

Na figura 6b) apresentam-se todas as concentrações de PCDD/F medidas desde o início do programa de monitorização em 1999. Para cada uma das duas épocas do ano, os valores observados em 2015, evidenciaram concentrações atmosféricas na mesma gama do histórico anteriormente observado. Relativamente aos valores medidos em 2013, os valores obtidos em 2015 apesar de terem sido semelhantes, foram ligeiramente superiores.

3. CONCLUSÕES

As concentrações dos parâmetros medidos evidenciaram valores muito baixos, em comparação aos respetivos valores limite/alvo anuais, e valores de referência. Enquanto para o Chumbo e Cádmio, os valores médios anuais se situaram entre 1 a 2 % do respetivo valor limite/alvo, no caso do Níquel e Arsénio os valores obtidos foram cerca de 10% do valor alvo. Apesar do local de amostragem estar situado numa zona suburbana, com vias de tráfego e indústria na envolvente mais próxima, as concentrações atmosféricas dos metais, com exceção do Níquel, registaram valores típicos de áreas rurais da União Europeia (WHO, 1995 WG, 2000, Campa *et al*, 2007). Os valores atmosféricos de Níquel evidenciaram concentrações típicas de zonas urbanas da União Europeia (WHO, 1995 e WG, 2000) apresentando igualmente valores de concentração equivalentes aos observados em estudos anteriores em zonas rurais em Espanha e no Reino Unido (Salvador *et al*, 2007; Campa *et al*, 2007; Font *et al*, 2015). Os valores de dioxinas e furanos evidenciaram níveis de concentração muito baixos, característicos de zonas rurais ou urbanas sem fontes emissoras importantes (WHO, 2000). O Mercúrio apresentou um valor médio muito abaixo do valor guia da OMS, contudo, quando comparado com valores de referência observados nos últimos dez anos no Reino Unido, evidenciou níveis semelhantes a locais com alguma influência industrial (Brown, *et al*, 2015).

À exceção do Níquel e Mercúrio, os parâmetros medidos evidenciaram um perfil de variação sazonal caracterizado por concentrações mais baixas durante o verão, sendo as mais elevadas obtidas no outono. Este facto, está diretamente relacionado com as diferentes condições de dispersão atmosférica nestes períodos, mais acentuadas no verão, e menos acentuadas no outono. No caso do Mercúrio e do Níquel, não se verificou grande sazonalidade dos dados, o que sugere que as concentrações destes dois poluentes tenham sido influenciadas por fontes emissoras mais distantes, para que as condições de dispersão do local não influenciassem de forma preponderante as concentrações atmosféricas destes poluentes.

Foram igualmente estes dois parâmetros que evidenciaram os níveis de concentração mais elevados, quando comparados com valores de referência.

De uma forma geral, os valores obtidos em 2015 mantiveram a diminuição de valores, face ao histórico de dados registados até 2012. Relativamente aos dados obtidos no último ano de monitorização (2013), os valores de 2015 apresentaram valores semelhantes, contudo ligeiramente superiores.

A conjugação da direção do vento registada com os valores medidos, permitiu evidenciar um acréscimo genérico das concentrações de metais pesados quando há uma maior frequência de ventos proveniente da área de localização da CTRSU. Este facto apenas não foi evidenciado para o Mercúrio, que exibiu as duas concentrações mais elevadas nos períodos semanais medidos com menor exposição a ventos provenientes dessa zona (nordeste e este).

Em suma, os valores medidos apresentam níveis de concentração que evidenciam uma continuidade na diminuição das concentrações, face ao início do programa em 1999. Apesar de se ter observado, no local em estudo, a influência nas concentrações medidas, das emissões provenientes da área onde se localiza a CTRSU e outras atividades industriais, essa influência não se repercutiu na obtenção de concentrações elevadas, sendo genericamente baixas para todos os parâmetros.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aas W, Breivik K (2005). Heavy metals and POP measurements 2003. Kjeller. Norwegian Institute for Air Research (EMEP-CCC Report #9/2005).
- Anna Font, Kees de Hoogh, Maria Leal-Sanchez, Danielle C. Ashworth, Richard J.C. Brown, Anna L. Hansell, Gary W. Fuller. (2015). Using metal ratios to detect emissions from municipal waste incinerators in ambient air pollution data. *Atmospheric Environment* 113, 177e186.
- Brown, R. J. C., Goddard, S. L., Butterfield, D. M., Brown, A. S., Robins, C., Mustoe, C. L., & McGhee, E. A. (2015). Ten years of mercury measurement at urban and industrial air quality monitoring stations in the {UK}. *Atmospheric Environment*, 109, 1–8. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.03.003>
- Campa, A. S., Rosa, J. Querol, X. Alastuey, A. Mantilla, E. (2007). Geochemistry and origin of PM10 in the Huelva region, Southwestern Spain. *Environmental Research* 103, 305-316.
- Coutinho, M., Albuquerque, M., Silva, A.P., Rodrigues, J., Borrego, C. (2015). Long-time monitoring of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans over a decade in the ambient air of Porto, Portugal. *Chemosphere* 137, 207–213.
- IDAD (2014). Programa de Monitorização Externa da LIPOR II. Qualidade do Ar. janeiro-dezembro 2013. IMA 08.14-11/06.06. Aveiro.
- Krauthacker, B., Herceg, Romanic', S., Wilken, M., Milanovic', Z. (2006). PCDD/Fs in ambient air collected in Zagreb, Croatia. *Chemosphere* 62, 1829-1837.
- Oh, J., -E., Choi, S. -D., Lee, S. -J., Chang, Y. -S. (2006). Influence of a municipal solid waste incinerator on ambient air and soil PCDD/Fs levels. *Chemosphere* 64, 579-587.
- Rodriguez, S., Querol, X., Alastuey, A., Viana, M., Alarcón, M., Mantilla, E., Ruiz, C. R. (2004). Comparative PM10-PM2.5 source contribution study at rural, urban and industrial sites during PM episodes in Eastern Spain. *Science of Total Environment* 328, 95-113.
- Salvador, P., Artiñano, B., Alonso, D. G., Querol, X., Alastuey, A., Costoya, M. (2007). Characterization of local and external contributions of atmospheric particulate matter at a background coastal site. *Atmospheric Environment* 41, 1-17.
- WHO (1995). Updating and revision of the air quality guidelines for Europe. Report on the WHO working group on inorganic air pollutants. Denmark.
- WHO (2000). Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Office. Copenhagen.
- Working Group on Arsenic, Cadmium and Nickel Compounds. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds. Position Paper. October 2000.