

Qualidade do Ar Ambiente

EB 2,3 Estreito de Câmara de Lobos



Junho, 2018

Ficha Técnica

Título do Documento: Qualidade do Ar 2018: EB 2,3 Estreito de Câmara de Lobos

Elaboração: Eng.º Nuno Baptista

Responsabilidade e Entidade Competente:

Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente
[m]: Rua Dr. Pestana Júnior, nº6-3ºDtº, 9054 – 558 Funchal,
[Tel.]: 351 291 207350, [Fax] 351 291 229438,
[site]: www.madeira.gov.pt/drota
[E- mail]: drota@madeira.gov.pt

Data: Junho de 2018

ÍNDICE GERAL

	Pag.
Resumo	5
1. Introdução	6
2. Poluição Atmosférica	7
2.1. Origem dos Poluentes Atmosféricos	7
2.2. Principais Poluentes Atmosféricos	7
2.2.1. Óxidos de Carbono	8
2.2.2. Compostos de Enxofre	8
2.2.3. Óxidos de Azoto	8
2.2.4. Hidrocarbonetos	9
2.2.5. Ozono	9
2.2.6. Partículas em Suspensão	9
3. Efeitos dos Poluentes Atmosféricos	10
3.1. Efeitos na Atmosfera	10
3.1.1 Efeito de Estufa	10
3.1.2. Nevoeiro Fotoquímico	11
3.2. Efeitos no Homem	11
3.3. Efeitos na Vegetação e Ecossistemas Naturais	12
4. Fatores que influenciam a Dispersão dos Poluentes Atmosféricos	13
4.1. Direção e Velocidade do Vento	13
4.2. Estabilidade Atmosférica	13
4.3. Circulação Geral da Atmosfera	15
4.4. Circulação Local da Atmosfera	16
4.4. Topografia	17
5. Requisitos gerais dos pontos de amostragem	20
6. Caracterização Qualitativa da Qualidade do Ar	21
7. Análise de resultados	22
7.1. Análise dos resultados meteorológicos	22
7.1.1. Direção e Velocidade do Vento	22
7.1.2. Humidade Relativa, Temperatura e Intensidade de Radiação	23
7.2. Valores Limite	24
7.2.1. Monóxido de Carbono	25
7.2.2. Dióxido de Enxofre	25
7.2.3. Dióxido de Azoto	26
7.2.4. Partículas em Suspensão (PM ₁₀)	28
7.2.5. Partículas em Suspensão (PM _{2,5})	30

8. Índice de Qualidade do Ar para a proteção da saúde humana	32
8.1 Índice de Qualidade do Ar para os Poluentes	32
8.2. Índice Global de Qualidade do Ar	32
9. Organização Mundial da Saúde	34
10. Discussão dos resultados	35

Resumo

Na sequência de um projeto conjunto entre a EB 2,3 do Estreito de Câmara de Lobos e a Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente (DROTA), foi realizada uma campanha de monitorização de Qualidade do Ar Ambiente nas instalações da Escola supra entre os dias 17 de maio e 12 de junho do presente ano, inclusive.

No presente relatório procede-se à apresentação e análise das concentrações dos poluentes primários obtidos durante a campanha de Qualidade do Ar Ambiente supra referida. Neste relatório efetua-se ainda um estudo comparativo com as duas Estações Fixas da Rede de Monitorização de Qualidade do Ar Ambiente da Aglomeração Funchal, no caso em apreço, as Estações de São João (Urbana de Tráfego) e São Gonçalo (Urbana de Fundo).

A estação móvel procedeu ao registo de forma contínua dos poluentes primários decorrentes da legislação da qualidade do ar e também dos parâmetros meteorológicos relevantes:

- Óxidos de azoto (NO-NO₂-NO_x);
- Monóxido de carbono (CO);
- Dióxido de enxofre (SO₂);
- Partículas atmosféricas (PM₁₀-PM_{2,5})

1. Introdução

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, fixando os objetivos para a qualidade do ar ambiente tendo em conta as normas, as orientações e os programas da Organização Mundial da Saúde, destinados a evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

De facto, a qualidade do ar ambiente é uma componente ambiental determinante, em particular para a saúde pública e para a qualidade de vida dos cidadãos. Por isso, o diploma supra estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, atribuindo particular importância ao combate das emissões de poluentes na origem e à aplicação das medidas mais eficazes de redução de emissões, a nível local e nacional, como formas de proteção da saúde humana e do ambiente.

Os efeitos dos diferentes poluentes atmosféricos na saúde traduzem-se no aparecimento ou agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares, particularmente em populações sensíveis como as crianças, idosos e indivíduos com problemas respiratórios.

De acordo com as disposições estabelecidas no diploma supra, é possível verificar o nível de qualidade do ar ambiente. Sempre que os objetivos não sejam atingidos devem ser tomadas medidas para dar cumprimento aos valores limite.

2. Poluição Atmosférica

Entende-se como poluição do ar, a mudança da sua composição ou das suas propriedades, decorrentes das emissões de poluentes, tornando-o impróprio, nocivo ou inconveniente à saúde, ao bem-estar público, à vida animal e vegetal e, até mesmo, ao estado de conservação de determinados materiais.

2.1. Origem dos Poluentes Atmosféricos

Os poluentes atmosféricos presentes no ar podem ser tanto de origem natural como antropogénica. A monitorização da qualidade do ar analisa o conjunto das duas fontes. Porém não podemos influenciar fenómenos naturais responsáveis pela libertação de grandes quantidades de substâncias para atmosfera. As principais fontes naturais são: vulcanismo, maresia, evapotranspiração, decomposição de matéria orgânica, transporte de poeiras e incêndios. A grande diferença entre a poluição de origem natural e a antropogénica é que a natureza adaptou-se e convive em equilíbrio com a quantidade de poluentes naturais, enquanto que, a introdução das atividades antropogénicas causa desequilíbrio.

As atividades industriais, o tráfego automóvel e as queimadas a céu aberto são as maiores fontes antropogénicas de emissões.

2.2. Principais Poluentes Atmosféricos

É grande a variedade de substâncias presentes na atmosfera o que dificulta a respetiva classificação. No entanto, tendo em vista as fontes emissoras dos poluentes, as mesmas forma divididas em duas categorias:

- Poluentes Primários: emitidos diretamente pelas fontes para a atmosfera, como por exemplo, monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO_x) constituídos pelo monóxido de azoto (NO) e pelo dióxido de azoto (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) ou as partículas em suspensão.
- Poluentes Secundários: resultam de reações químicas que ocorrem na atmosfera e onde participam alguns poluentes primários. Por exemplo, o ozono troposférico (O₃), que resulta de reações fotoquímicas, ou seja, realizadas na presença de luz solar.

2.2.1. Óxidos de Carbono

Os óxidos de carbono, monóxido (CO) e dióxido (CO₂), são produzidos em quantidades significativas tanto por processos naturais como por atividades humanas.

O CO₂ não é considerado um poluente dado ser um constituinte normal da atmosfera. No entanto, a sua concentração tem vindo a aumentar, podendo contribuir para um aumento de temperatura média do planeta.

O CO é um gás tóxico e um dos principais poluentes atmosféricos. Para além de diversos processos naturais (erupções vulcânicas, decomposição da clorofila, fogos florestais, etc.), o CO é produzido em todas as combustões incompletas, seja de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos.

2.2.2. Compostos de Enxofre

Os compostos de enxofre mais importantes como poluentes atmosféricos são os óxidos de enxofre (SO_x) e o sulfureto de hidrogénio (H₂S).

Os óxidos de enxofre são produzidos na queima de combustível e na calcinação de minerais que contenham enxofre, sendo o dióxido de enxofre (SO₂) o mais abundante.

O SO₂ é um gás incolor, mas pode ser detetado pelo sabor ou, em elevadas concentrações, através do cheiro.

O sulfureto de hidrogénio (H₂S) é um gás muito tóxico e que é facilmente identificado pelo seu característico cheiro a ovos podres podendo o mesmo ser detetado em baixas concentrações. Apesar da sua toxicidade, o H₂S aparece na atmosfera em concentrações tão baixas que não chegam a apresentar risco para a saúde.

2.2.3. Óxidos de Azoto

Os compostos de azoto mais relevantes como poluentes são o monóxido de azoto (NO) e dióxido de azoto (NO₂).

Dado que estes compostos se interconvertem durante as reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera, são geralmente designados em conjunto como óxidos de azoto (NO_x).

O monóxido de azoto (NO) é um gás incolor, insípido, inodoro e relativamente pouco tóxico e as suas principais fontes são os veículos, as centrais térmicas e as caldeiras industriais.

O dióxido de azoto (NO₂) apresenta uma cor amarelo-alaranjada em baixas concentrações e vermelho-acastanhada a concentrações elevadas. Tem um cheiro



irritante, é relativamente tóxico e extremamente corrosivo. Provém principalmente das indústrias químicas e forma-se no processo de oxidação fotoquímico.

A presença destes compostos reveste-se de importância pela sua participação nos fenómenos fotoquímicos que conduzem à formação do nevoeiro fotoquímico.

2.2.4. Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos (HC) são um extenso grupo de compostos orgânicos que se caracterizam pela sua constituição, ou seja, apenas ligações entre carbono e hidrogénio, como por exemplo, o metano (CH₄), o etano (C₂H₆) e o etileno (C₂H₄).

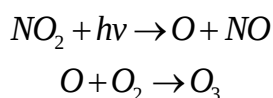
As emissões de hidrocarbonetos resultantes de atividades humanas devem-se sobretudo às combustões incompletas. As principais fontes de emissão são os transportes, a indústria petroquímica e o uso de solventes orgânicos (COV).

2.2.5. Ozono

O ozono O₃ é o mais importante dos oxidantes fotoquímicos. O mesmo existe em grande quantidade na estratosfera, onde absorve a radiação solar ultravioleta.

O ozono aparece nos níveis mais baixos da atmosfera principalmente, como resultado de reações químicas envolvendo NO_x, oxigénio (O₂) e radiação solar.

As reações infra exemplificam a formação do ozono:



2.2.6. Partículas em Suspensão

As partículas em suspensão ou partículas inaláveis ou finas são produzidas em processos naturais e em atividades antropogénicas. De salientar que as partículas em suspensão são perigosas para a saúde humana devido a ser facilmente inaladas.

3. Efeitos dos Poluentes Atmosféricos

Para se avaliar o efeito de um poluente importa atender a dois fatores essenciais: a sua concentração e tempo durante o qual o mesmo atua. Uma concentração muito alta durante um certo período pode ter efeitos extremos mas, uma concentração menos elevada que se mantenha durante um longo período pode implicar consequências negativas com maior significado.

Independentemente do grau de poluição, as emissões de poluentes poderão, ainda, atingir diferentes proporções, desde uma escala local à global, dependendo de vários fatores como as condições meteorológicas e a constituição físico-química do próprio poluente.

3.1. Efeitos na Atmosfera

Os poluentes podem alterar algumas das características físicas da atmosfera, nomeadamente a visibilidade e a cor.

A redução da visibilidade é uma das consequências mais notadas da poluição do ar e deve-se à difusão da luz provocada pela presença de partículas em concentração elevada.

Alguns gases, como o ozono, absorvem a luz solar de diversos comprimentos de onda, alterando o espectro de radiação que chega ao solo.

O NO₂, devido à sua cor alaranjada e o ácido sulfúrico (H₂SO₄), em tom azul, podem alterar a cor da atmosfera em zonas poluídas.

De seguida são descritos fenómenos tais como o Efeito de Estufa e Nevoeiro Fotoquímico (*smog*) que se devem essencialmente à presença de gases poluentes na camada atmosférica levando ao aquecimento global e à formação de chuvas ácidas.

3.1.1. Efeito de Estufa

Durante o dia, parte da energia solar é captada e absorvida pela superfície da terra sendo outra parte refletida para a atmosfera.

Os gases naturais que existem na atmosfera funcionam como uma capa protetora que impede a dispersão total do calor para o espaço exterior, evitando desta forma a perda de calor no período noturno.

Certos gases como o dióxido de carbono (CO₂), criam uma espécie de teto, como o de uma estufa sobre a terra, deixando a luz do sol entrar e não deixando o calor sair. O

efeito de estufa gerado pela natureza é, portanto, não apenas benéfico mas imprescindível para a manutenção da vida sobre a terra.

No entanto, o aumento da quantidade de gases e outras substâncias poluentes (com destaque para o dióxido de carbono) lançados para a atmosfera pelas diversas atividades humanas, sobretudo através da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) na indústria e nos veículos, bem como incêndios florestais, tem vindo a aumentar o efeito de estufa com o consequente e indesejável aumento da temperatura na troposfera. Do aumento da temperatura resultarão modificações no regime das precipitações e no ciclo natural da água bem como a fusão dos gelos nas zonas polares.

As consequências serão sentidas nos ecossistemas com alterações na fauna e flora, a elevação do nível dos oceanos e a salinização das fontes de água doce.

3.1.2. Nevoeiro Fotoquímico

Nas zonas com elevada poluição, os produtos formam-se por oxidação dos reagentes razão pela qual, apesar de estarem no estado gasoso, atingem rapidamente o ponto de saturação. Neste caso, os compostos gasosos condensam-se para formar um aerossol (partícula em suspensão no ar), composto por partículas líquidas ou sólidas, chamado de *smog*. As partículas de *smog* contêm ácidos, como o nítrico (HNO_3) e o sulfúrico (H_2SO_4), que se formam por oxidação do dióxido de azoto (NO_2) e de enxofre (SO_2), nitratos, sulfatos, metais, compostos de carbono e água.

O *smog* é mais frequente nas zonas em que os seus precursores (compostos orgânicos voláteis e óxidos de azoto), apresentam uma elevada concentração, quer devido a elevadas emissões origem antrópica, quer à existência de condições meteorológicas propícias (exposição solar e inversão térmica). No entanto, o *smog* também é verificado em ambientes naturais, como por exemplo, em áreas cobertas por uma vegetação que origine a formação de uma grande quantidade de hidrocarbonetos.

O nevoeiro fotoquímico é responsável pelo halo observado sobre as regiões mais poluídas e quando se verificam condições meteorológicas propícias, nomeadamente o aumento da temperatura, bem como condições topográficas e meteorológicas propícias.

3.2. Efeitos no Homem

O metabolismo dos seres humanos torna-os particularmente sensíveis aos poluentes atmosféricos.

A resposta fisiológica à presença de poluentes varia desde o incómodo e mal estar até graves perturbações nas funções vitais que podem conduzir a doenças crónicas e eventualmente, à morte.

Quadro 1 – Efeitos dos principais poluentes atmosféricos na Saúde Humana

Poluente	Principal fonte	Efeitos principais para a saúde
Ozono	Transformação de óxidos de azoto e de compostos orgânicos voláteis produzidos pelo tráfego na presença de luz solar	Provoca problemas respiratórios, reduzindo a função pulmonar
		Agrava a asma
		Irrita os olhos e o nariz
		Reduz a resistência a infecções
Partículas	Queima de combustíveis — por exemplo, motores <i>diesel</i> e madeira Indústria	Provocam cancro
	Agricultura — por exemplo, lavoura, queimada de limpeza Reacções químicas secundárias	Causam problemas cardíacos Estão na origem de doenças respiratórias
		Aumentam o risco de mortalidade infantil
Dióxido de enxofre	Queima de combustíveis	Provoca problemas respiratórios
Dióxido de azoto	Veículos a motor	Provocam doenças respiratórias
	Outros processos de combustão de combustíveis	Afecta os tecidos
Monóxido de Carbono	Veículos a motor	Reduz a quantidade de oxigénio no sangue.
	Outros processos de combustão de combustíveis	Provoca fenómenos de asfixia

Fonte: Adaptado – “Comissão Europeia: Ar Puro para as Cidades da Europa, 1997”.

3.3. Efeitos na Vegetação e Ecossistemas Naturais

Os efeitos negativos dos poluentes na vegetação podem ir desde reduções no crescimento ou nos teores de clorofila das folhas até à morte dos tecidos. Geralmente, os rebentos das plantas são extremamente vulneráveis ao SO₂ sobretudo se a humidade relativa for elevada. O pinheiro, as macieiras, o trigo e o algodão estão entre as plantas que são particularmente sensíveis a este poluente. Refira-se no entanto que nos solos pobres em enxofre a presença de SO₂ em baixas concentrações pode ter efeitos benéficos no crescimento das plantas.

Outros poluentes com características fitotóxicas são o ozono, o ácido clorídrico e o flúor. O NO₂, por seu lado, raramente aparece em concentrações suscetíveis de causar danos às culturas.

As partículas ao depositarem-se nas folhas podem interferir com a fotossíntese e, assim, prejudicar as plantas.



4. Fatores que influenciam a Dispersão dos Poluentes Atmosféricos

Existem diversos fatores que influenciam a dispersão dos poluentes atmosféricos. No entanto realçam-se as condições meteorológicas como um dos fatores fundamentais na dispersão dos poluentes atmosféricos, podendo dizer-se que existem duas componentes principais:

- Componente vertical comandada pela turbulência gerada pelo gradiente vertical da temperatura ou Gradiente Térmico entre as camadas da baixa atmosfera;
- Componente horizontal em que o vento é o principal agente tanto no transporte como na mistura.

4.1. Direção e Velocidade do Vento

O vento é uma grandeza vetorial e, como tal, apresenta 3 componentes (x, y, z) sendo que a sua resultante determina a direção do vento em cada instante. A componente vertical do vento (z) é responsável pela turbulência enquanto que as outras componentes determinam essencialmente o transporte e a diluição das plumas de poluição. A velocidade do vento aumenta em altura afetando de uma maneira mais direta a massa de poluentes emitidos pelas chaminés de grande altura principalmente no momento inicial da mistura dos gases de saída com a camada atmosférica. Em condições de grande estabilidade da atmosfera o transporte das plumas em altura pode ser feito a longas distâncias e levar a situações de concentrações de poluentes a nível do solo em locais onde não há fontes poluentes próximas (poluição transfronteiriça).

A direção inicial do transporte de poluentes é determinada pela direção do vento medido no local da fonte, tal como a dispersão é determinada pela sua intensidade. Quanto maior for a sua intensidade maior a dispersão dos poluentes.

4.2. Estabilidade Atmosférica

A estabilidade da atmosfera pode ser definida como a sua capacidade de resistir ou intensificar os movimentos verticais. Quando resiste a estes designa-se atmosfera estável, quando os intensifica designa-se por atmosfera instável e, quando é indiferente a qualquer tipo de movimento vertical é uma atmosfera neutra.

Através do perfil de temperatura na vertical, podemos determinar o grau de estabilidade da atmosfera e cada tipo de estabilidade que irá proporcionar uma melhor ou pior dispersão dos poluentes.

Condições instáveis ou convectivas ocorrem durante o dia, em dias de forte insolação, e proporcionam uma forte mistura vertical dos poluentes provocada por movimentos convectivos gerados pelo aquecimento solar da superfície.

Condições neutras são caracterizadas pela ocorrência de um perfil vertical de temperatura adiabática, isto é, aproximadamente constante com a altura. Estas condições ocorrem durante as transições do dia para a noite e vice-versa, em dias nublados ou com fortes ventos (velocidades superiores a 6 m/s).

Condições estáveis são caracterizadas por um perfil super-adiabático, a temperatura aumenta com a altura. Ao elevar-se na atmosfera, a parcela de ar encontra ar circundante mais quente e tem tendência a descer. Nestas situações, com ventos fracos, qualquer movimento vertical é inibido e o poluente pode viajar até grandes distâncias mantendo altas concentrações. Modelar o transporte e dispersão de poluentes na camada estável é uma das situações mais difíceis de prever.

Existem ainda situações onde o perfil de temperatura sofre uma inversão com a altura e por consequência a pluma é aprisionada nesta camada de inversão, impossibilitando a sua dispersão para altitudes mais elevadas. Na camada abaixo o perfil é instável e, desta forma, o poluente é dispersado em direção ao solo, o que implica níveis de concentração elevados ao nível deste. Este tipo de situação ocorre geralmente pela manhã ou pela noite.

A figura seguinte representa de uma forma esquemática os cenários de dispersão de poluentes em função do gradiente térmico.



Fig. 1 a): Situação normal de dispersão dos poluentes atmosféricos.
b): Situação de dispersão dos poluentes atmosféricos sob o efeito de inversão térmica.

4.3. Circulação Geral da Atmosfera

Os processos atmosféricos e a circulação associadas aos grandes centros de ação determinam e afetam o estado do tempo sobre os continentes e grandes oceanos do globo. Aos centros de altas pressões denominados de anticiclones (representadas na figura 2 pela letra A) estão associadas condições de tempo caracterizadas por grande estabilidade com pouca mistura vertical e portanto fraca dispersão dos poluentes. Aos centros de baixa pressão denominados de depressões (representados na figura 2 pela letra B) associam-se condições de instabilidade e de grande turbulência favorecendo a dispersão dos poluentes.

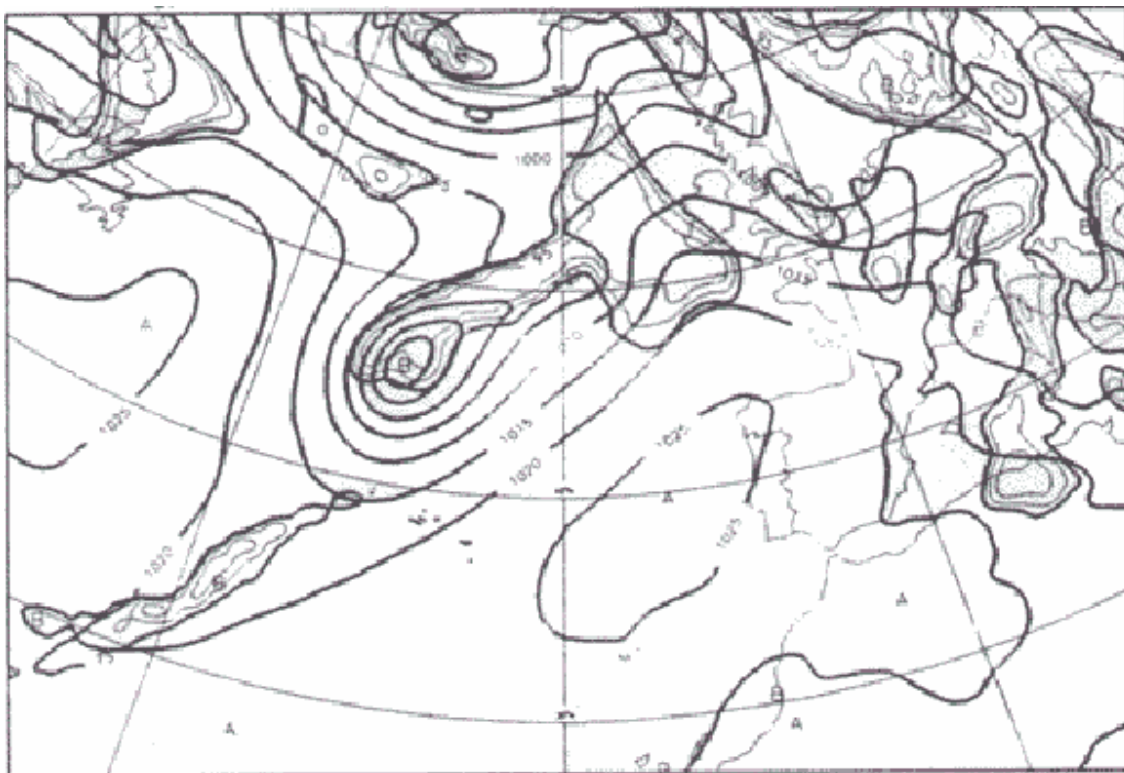


Fig. 2 – Circulação geral da atmosfera.

Estas situações à escala sinóptica, que influenciam as condições de turbulência e de estabilidade da atmosfera, têm por vezes durações mais ou menos prolongadas podendo, nas condições desfavoráveis à dispersão, levar a episódios de poluição aguda (smog no Inverno e smog fotoquímico no Verão).

4.4. Circulação Local da Atmosfera

O aquecimento diferenciado dos solos e dos oceanos pela radiação solar, conduz a um aquecimento diferenciado das camadas de ar em contacto com essas superfícies, com duas consequências sobre o vento.

Uma consequência de pequena escala são as brisas, de interesse nas regiões costeiras, e que estão ligadas à variação diurna da temperatura do ar.

A outra consequência de grande escala são as monções, que atuam sobre grandes superfícies terrestres e estão relacionadas com as variações de temperatura dos continentes e dos oceanos no Verão e no Inverno, nas regiões de monção.

Brisa Marítima

Junto à costa começa frequentemente a fazer-se sentir, no fim da manhã, um vento vindo do mar, que atinge o máximo no princípio da tarde e desaparece ao anoitecer. Este vento é mais forte nos dias quentes e de céu limpo, sendo mais fraco quando o céu está nublado.

A causa fundamental do movimento do ar é a diferença de aquecimento entre as superfícies da terra e do mar sendo que, ao princípio da tarde se acentuam fazendo com que o gradiente de pressão local entre o mar e a terra se torne mais intenso, podendo o efeito da brisa marítima, fazer-se sentir segundo uma direção mais próxima da paralela à costa. Na figura seguinte podemos observar como se desenvolve a referida brisa Marítima.

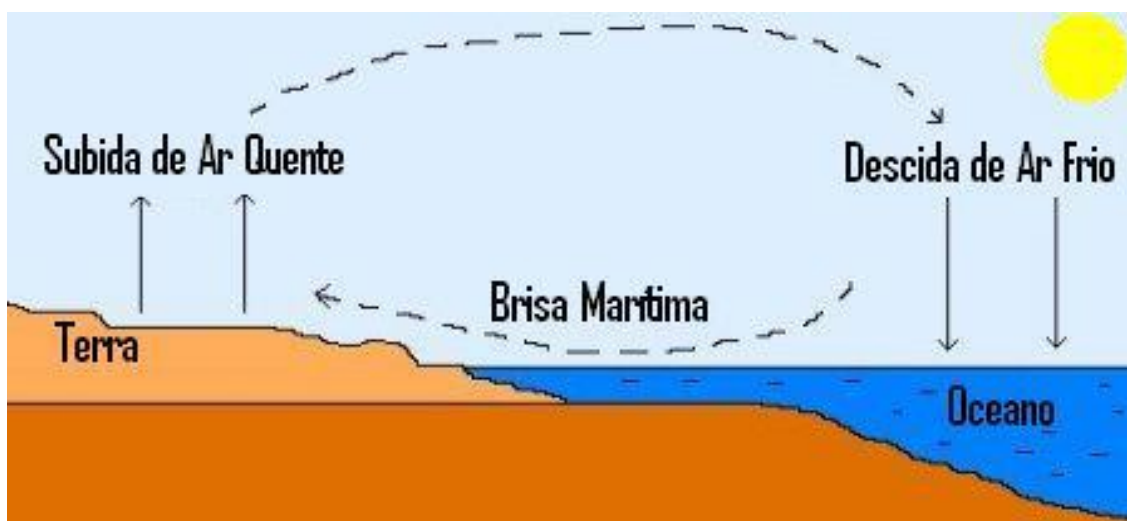


Fig. 3 – Representação esquemática de uma brisa marítima.

Brisa Terrestre

Nas regiões costeiras podem fazer-se sentir brisas à noite. Estas brisas sopram da terra para o mar, nas camadas inferiores, resultado de um arrefecimento, por irradiação, mais acentuado na superfície da terra do que nos oceanos adjacentes.

As brisas de terra não são, em geral, tão fortes como as marítimas e isto deve-se a diferenças de aquecimento mais baixas, criando um gradiente de pressão local mais fraco.

Na figura seguinte, podemos observar uma representação esquemática das brisas terrestres.

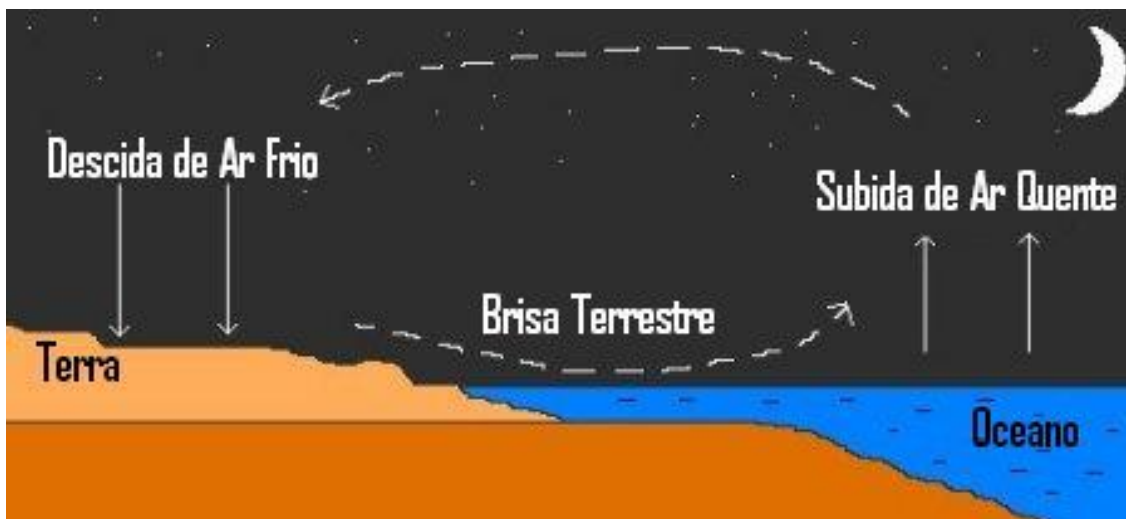


Fig. 4 – Representação esquemática de uma brisa terrestre.

Da análise geral das figuras 3 e 4, verificamos que as brisas marítimas e terrestres possuem uma grande influência na variação temporal da qualidade do ar das regiões costeiras.

Brisas de Vale e de Montanha

Nas regiões montanhosas verificam-se sistemas de vento particulares. As encostas mais inclinadas e as partes mais estreitas dos vales são aquecidas pelo Sol de forma mais intensa que as vastas superfícies dos vales ou dos picos. Estas condições conduzem a brisas de vale durante o dia e brisas de montanha durante a noite.

Quanto mais estreito for o vale maior a inclinação das encostas e maior é a quantidade de ar em ascensão. O ar em movimento de subida é substituído pelo ar dos vales ou dos planaltos, com menor declive. Assim, o vento durante os dias surge habitualmente

das partes mais baixas e sem declive. Como a denominação do vento está associado à sua origem, este denomina-se de brisa de vale.

Durante a noite, as encostas das montanhas arrefecem. Este ar frio desce a montanha por ação da gravidade, formando a brisa de montanha. Assim, ao amanhecer, o ar mais frio pode ser encontrado no vale. Se o ar contiver humidade suficiente, pode ainda formar-se nevoeiro no vale.

Na figura seguinte, podemos observar uma representação esquemática das brisas de vale (Figura 5 – A), bem como, das brisas de montanha (Figura 5 – B).

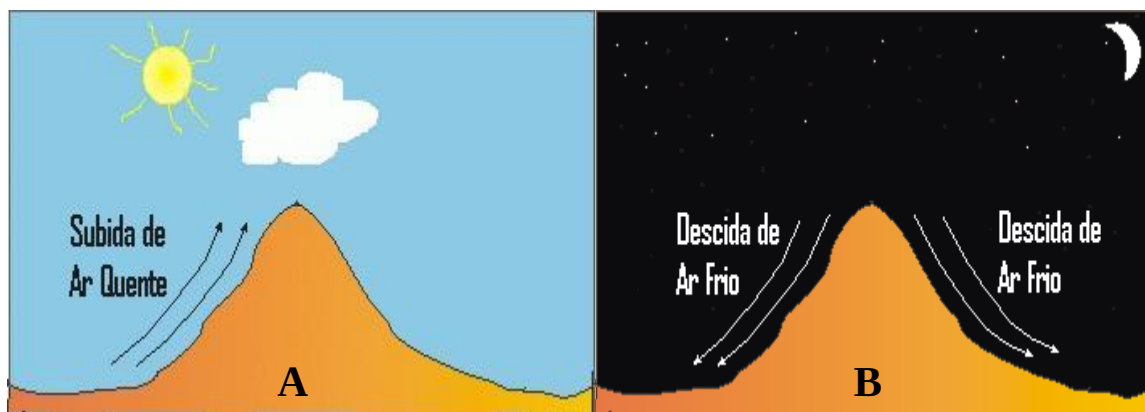


Fig. 5 **A:** Representação esquemática de uma brisa de vale.
 B: Representação esquemática de uma brisa de montanha.

No que se refere às brisas de vale e de montanha, salienta-se que, estes fenómenos podem ser responsáveis pelo transporte de poluentes para zonas remotas onde aparentemente não existe poluição.

4.5. Topografia

A complexidade do terreno provoca grandes mudanças na direção e/ou velocidade do vento e nos fluxos turbulentos. Este fator limita a aplicação de modelos simples como os do tipo gaussiano, uma vez que dificilmente são encontradas condições de homogeneidade e estacionaridade.

Terrenos complexos são aqueles onde elevações verticais são significativas a ponto de influenciar o escoamento atmosférico ao seu redor, não gerando recirculação, enquanto que terrenos planos são aqueles sem nenhum tipo de elevação na vertical, ou com elevações que não influenciam significativamente o escoamento, gerando recirculação.

As principais situações que podem contribuir para o aumento das concentrações em terreno complexo são, nomeadamente, o encontro de uma pluma com montanhas, a acumulação de poluentes em vales e o arrasto dos poluentes para centros urbanos por ação do vento.

5. Requisitos gerais dos pontos de amostragem

A localização dos pontos de amostragem para cada um dos poluentes a avaliar respeitou os critérios estabelecidos no anexo IV do Decreto-Lei, para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto, partículas em suspensão (PM₁₀) e monóxido de carbono no ar ambiente. A Estação Móvel foi instalada nas instalações da EB 2,3 do Estreito de Câmara de Lobos respeitando os critérios de localização de micro e macroescala definidos para uma Estação Urbana de Tráfego.

A Estação Móvel está equipada com analisadores automáticos que permitem a monitorização em contínuo de vários poluentes. Estes equipamentos têm ainda a capacidade de calcular e armazenar as concentrações em médias de 15 minutos, sendo estes dados posteriormente recolhidos por um *software* específico **Atmis** (*Atmospheric and Meteorological Instrumentation System*), utilizado a nível nacional pelas entidades gestoras da qualidade do ar ambiente.

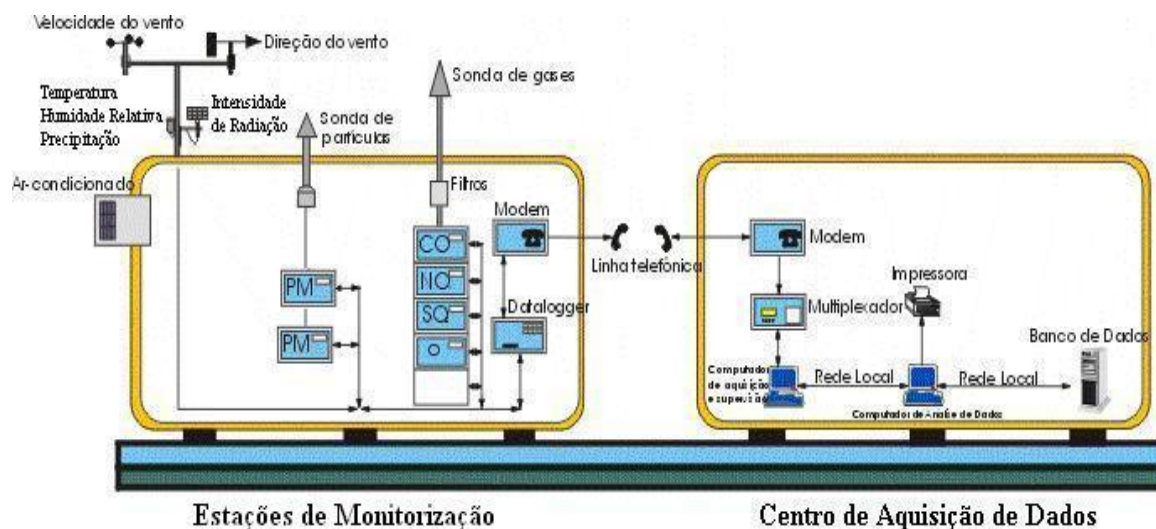


Fig. 6 – Estação de monitorização e sistema de aquisição de dados.

6. Caraterização Qualitativa da Qualidade do Ar

O índice de qualidade do ar (IQar) é uma ferramenta que permite uma classificação simples e compreensível do estado da qualidade do ar.

Este índice foi desenvolvido para poder traduzir a qualidade do ar, especialmente das aglomerações mas também de algumas áreas industriais e cidades;

O índice de qualidade do ar para a proteção da saúde humana é calculado a partir de valores médios de concentração dos seguintes poluentes:

- Dióxido de azoto (NO₂) – médias horárias
- Dióxido de enxofre (SO₂) – médias horárias
- Ozono (O₃) – médias de 8 horas consecutivas
- Monóxido de carbono (CO) – médias de 8 horas consecutivas
- Partículas inaláveis (PM₁₀) – média diária

Com base nos valores máximos obtidos na estação de medição, é calculada, para cada poluente, a média aritmética. Esta média calculada para cada poluente é analisada à luz de uma matriz de classificação associada a uma escala de cores de forma a definir um gradiente de afetação sobre a população, resultante da degradação da qualidade do ar, por intermédio da ação individual de cada poluente. O IQar é definido a partir da pior das qualificações entre os poluentes considerados.

No quadro seguinte apresenta-se a classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQar) para o ano 2017.

Quadro 2 – Classificação do Índice de Qualidade do Ar para 2017.

Poluente	CO		NO ₂		O ₃		PM ₁₀		SO ₂	
Classificação	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Mau	10000	-----	400	-----	240	-----	120	-----	500	-----
Fraco	8500	9999	210	399	180	239	50	119	350	499
Médio	7000	8499	140	209	120	179	35	49	210	349
Bom	5000	6999	100	139	60	119	20	34	140	209
Muito Bom	0	4999	0	99	0	59	0	19	0	139

Nota: Todos os valores indicados estão em µg/m³.

Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA)

7. Análise de resultados

7.1. Análise dos resultados meteorológicos

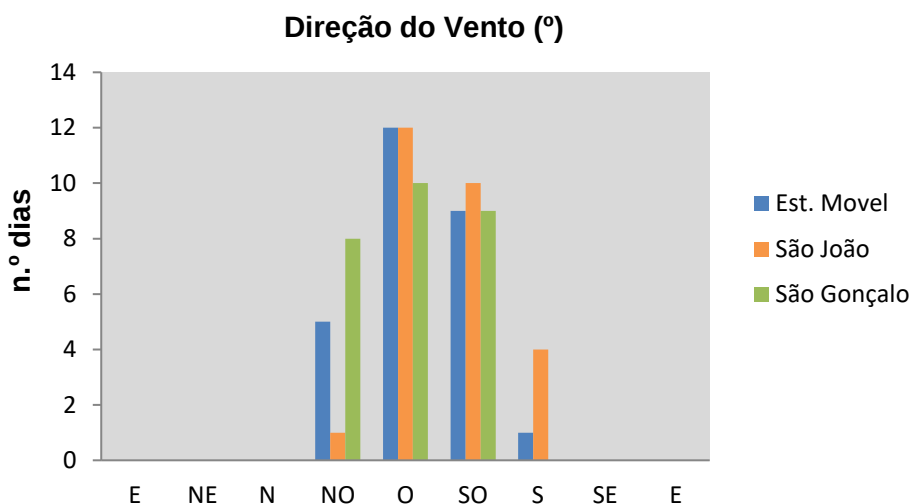
A qualidade do ar de uma determinada região está diretamente relacionada com o número de fontes de emissão e com as condições meteorológicas, tais como, a direção e velocidade do vento, humidade relativa, temperatura e intensidade de radiação solar.

A variação destes parâmetros meteorológicos na atmosfera dificulta e/ou facilita a dispersão dos poluentes presentes na mesma. Devido a este comportamento de mudanças nos parâmetros meteorológicos, torna-se necessário correlacionar os resultados obtidos das concentrações dos poluentes monitorizados com os dados meteorológicos.

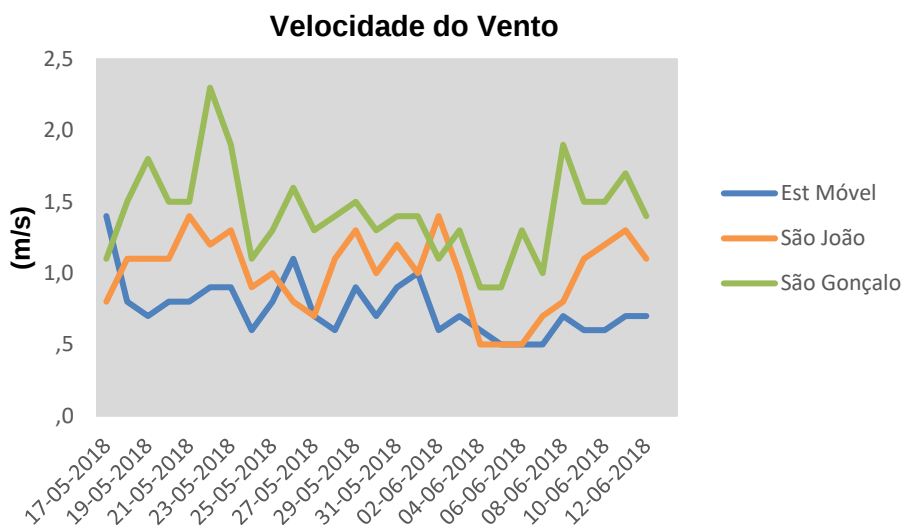
De seguida apresenta-se a avaliação dos dados meteorológicos das três estações supra referidas nomeadamente, a Estação Móvel localizada na EB 2,3 do Estreito de Câmara de Lobos, a estação de São João e a estação de São Gonçalo.

7.1.1. Direção e Velocidade do Vento

As direções e velocidade do vento registadas nas estações de São João e São Gonçalo e na estação Móvel durante a campanha são de seguida apresentadas.



Graf. 1 – Direção do Vento



Graf. 2 – Velocidade do Vento

Pela análise dos gráficos supra verifica-se uma predominância na direção do vento nas estações, nomeadamente:

- A Estação Móvel registou predominância na direção O;
- A estação de São João registou predominância nas direções SO e O;
- A estação de São Gonçalo registou predominância nas direções NO e O.

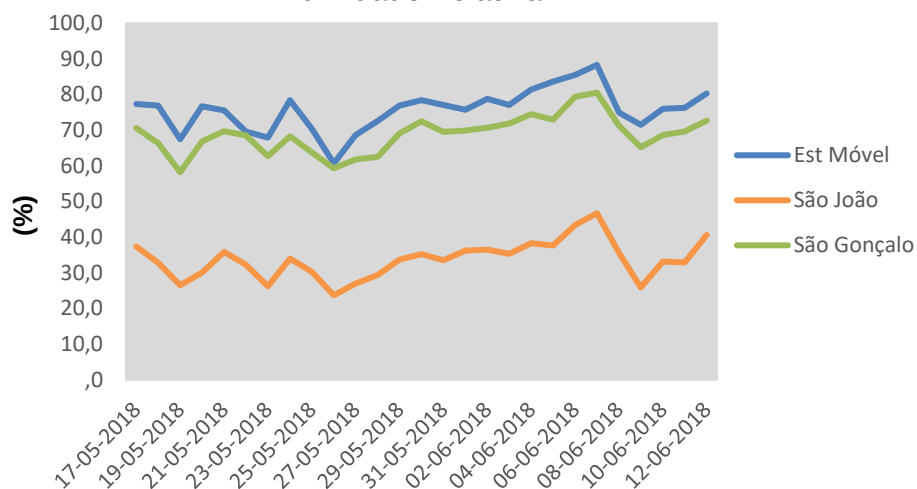
As velocidades do vento são relativamente baixas, aumentando com a altitude, facto pelo qual a estação de São Gonçalo atinge valores superiores às estações de tráfego.

7.1.2. Humidade Relativa, Temperatura e Intensidade de Radiação

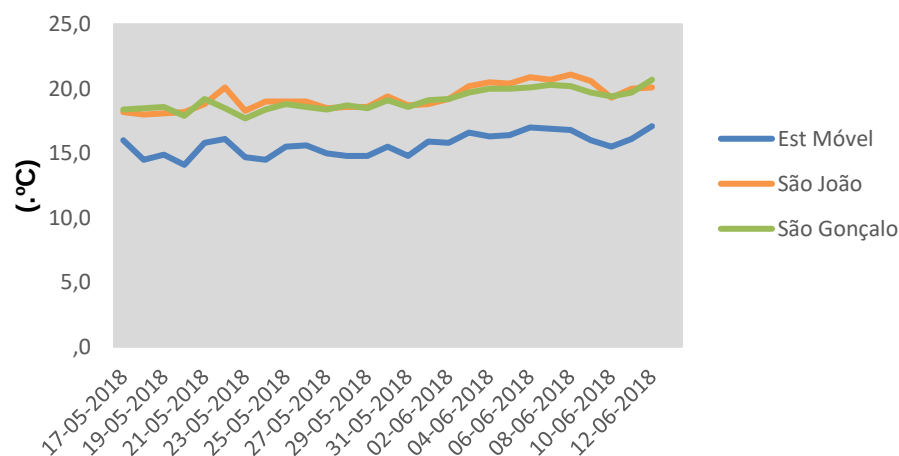
Nos gráficos infra apresenta-se a evolução dos restantes parâmetros monitorizados na Estação Móvel, no caso em apreço, a Humidade Relativa (%), Temperatura (°C) e Intensidade de Radiação (W/m²).

Grafs. 3, 4 e 5 –HumR (%), Temp (°C) e Rad (W/m²),

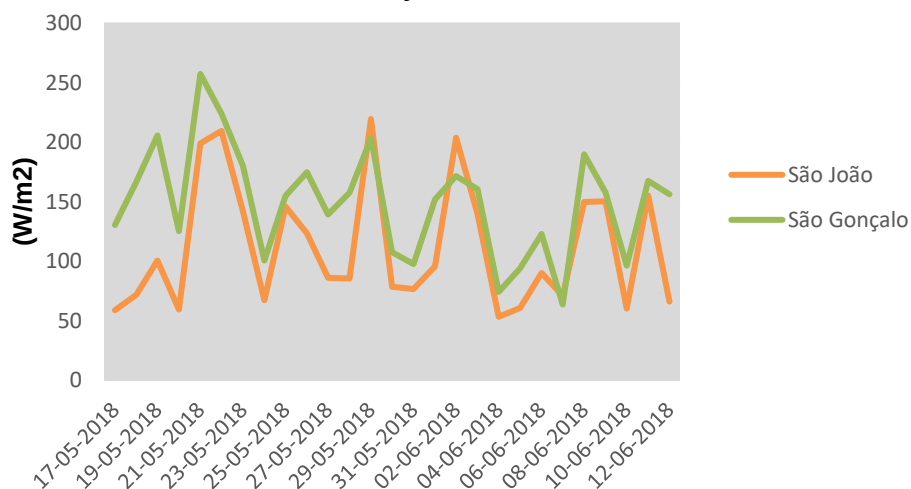
Humidade Relativa



Temperatura



Radiação



7.2. Valores Limite

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, define, nomeadamente, valores limite para a proteção da saúde humana para os poluentes primários e secundários.

Tratando-se de uma campanha de monitorização num local próximo de vias de comunicação e de atividades económicas (fontes fixas), apenas é efetuada na Estação Móvel a monitorização dos poluentes primários.

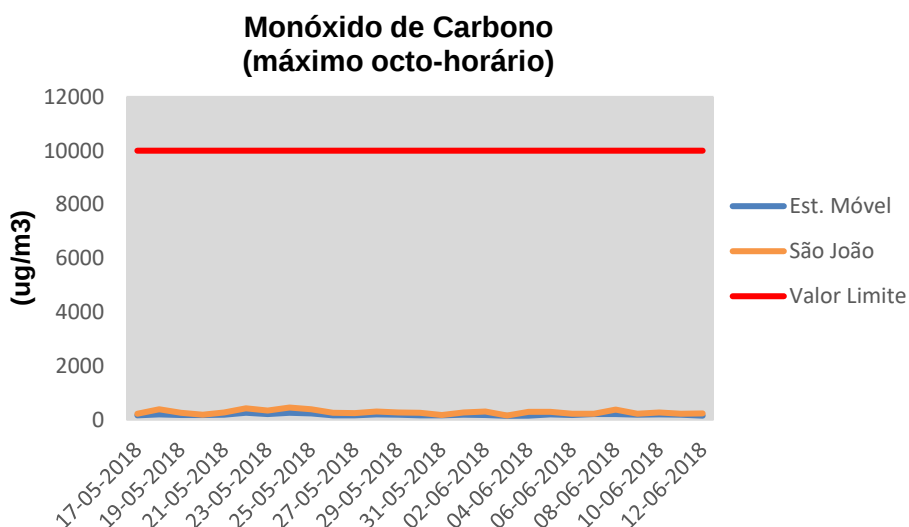
7.2.1. Monóxido de Carbono

O quadro seguinte indica o valor limite diário previsto para o poluente monóxido de carbono tendo em vista a proteção da saúde humana.

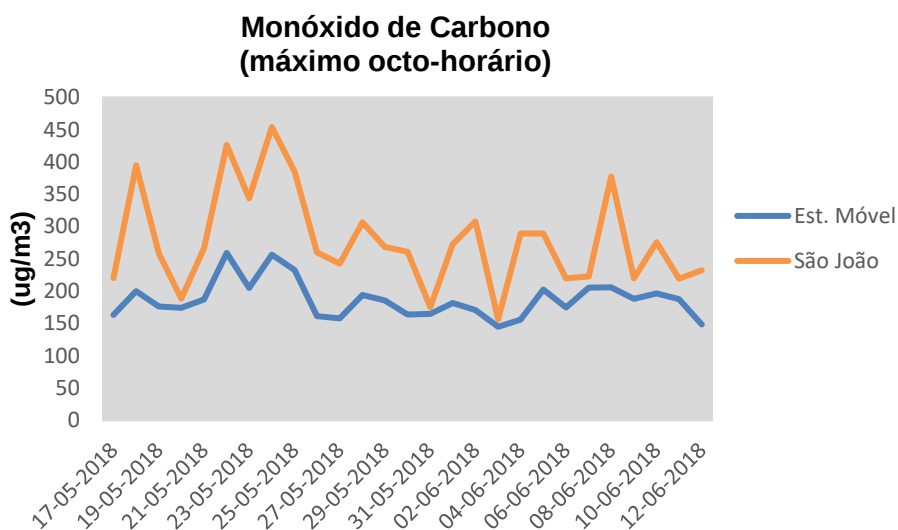
Quadro 3 – Monóxido de Carbono (CO)

Período de referência	Valor limite (ug/m ³)
Máximo diário das médias de oito horas (*)	10000

Nota: (*) O valor máximo diário das médias octo-horárias é selecionado com base nas médias obtidas por períodos de oito horas consecutivas, calculadas a partir dos dados horários e atualizadas de hora a hora. Cada média por período de oito horas calculada desta forma é atribuída ao dia em que termina; desta forma, o primeiro período de cálculo de um dia tem início às 17 horas do dia anterior e termina à 1 hora do dia em causa; o último período de cálculo de um dia tem início às 16 horas e termina às 24 horas do mesmo dia.



Graf. 6 – CO: máximos octo-horários



Graf. 7 – CO: máximos octo-horários

Pela análise dos gráficos supra verifica-se o cumprimento do valor limite (10000 ug/m³) definido para o poluente CO em ambos os locais de monitorização. As médias octo-horárias são mais elevadas na estação de São João, consequência de um maior tráfego rodoviário ao longo de todo o dia.

7.2.2. Dióxido de Enxofre

O quadro seguinte indica os limites para o poluente SO₂ tendo em vista a proteção da saúde humana definidos no diploma supra.

Quadro 4 – Dióxido de Enxofre (SO₂)

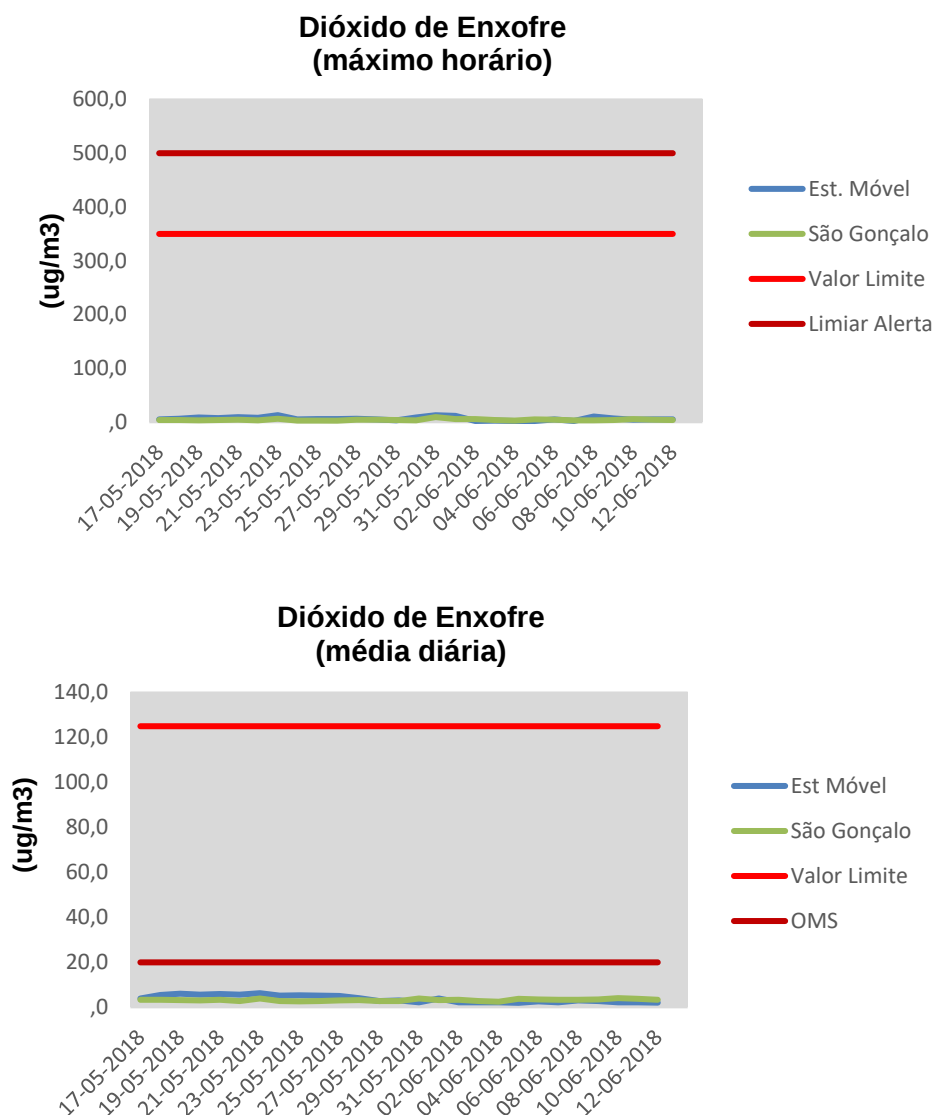
Período de referência	SO ₂ - Proteção da saúde humana	
	Valor limite (ug/m³)	Limiar de Alerta (ug/m³)
Uma hora	350 (*)	500 (***)
Um dia	125 (**)	

Nota: (*) a não exceder mais de 24 vezes por ano civil.

(**) a não exceder mais de três vezes por ano civil.

(***) a medir em três horas consecutivas.

O poluente SO₂ possui dois limites para proteção de saúde humana: um limite horário e um limite diário. De salientar que, em relação à proteção da saúde humana, encontra-se também definido para este poluente um Limiar de Alerta.



Grafs. 8 e 9 – SO₂: máximos horários e médias diárias.

Quadro 5 – SO₂: proteção da saúde humana

Período de referência	(ug/m ³) - máximos		Valor limite (ug/m ³) (proteção humana)
	Est. Móvel	São Gonçalo	
Uma hora	13,2	9,6	350
Um dia	6,1	4,1	125

Pela análise dos gráficos supra verifica-se em ambos os locais o cumprimento dos limites definidos para o poluente SO₂, relativo à proteção da saúde humana.

Verifica-se que em ambas as estações é também cumprido o limite diário definido pela OMS.

7.2.3. Dióxido de Azoto

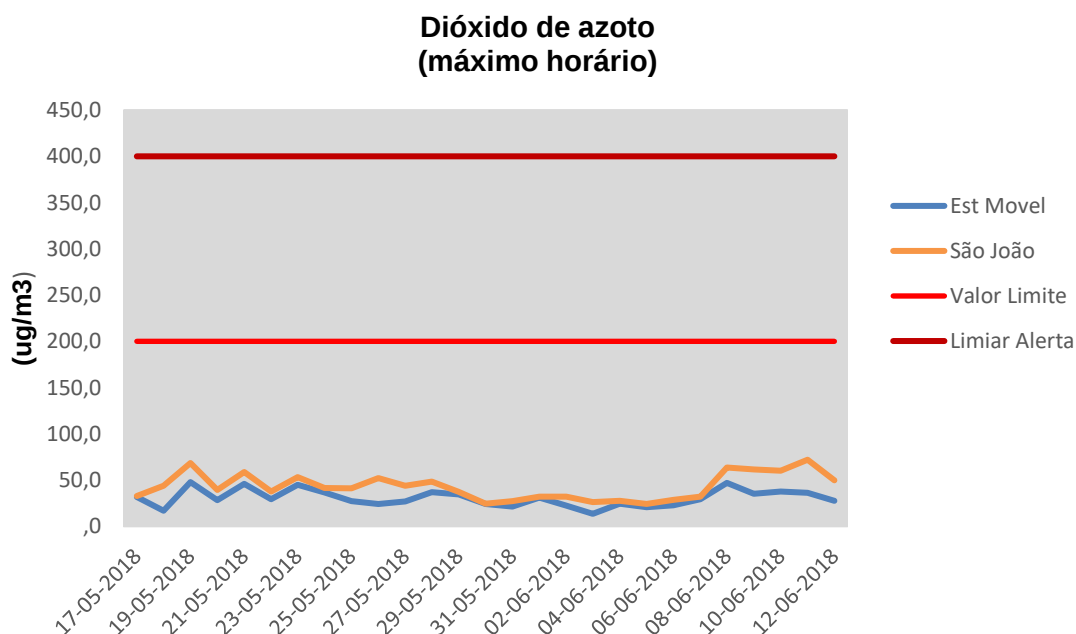
O poluente NO₂ possui dois limites para a proteção da saúde humana: um limite horário e um limite anual. De salientar que, em relação à proteção da saúde humana, encontra-se também definido para este poluente um Limiar de Alerta.

Quadro 6—Dióxido de Azoto (NO₂)

Período de referência	NO ₂ - Proteção da saúde humana	
	Valor limite (ug/m ³)	Limiar de Alerta (ug/m ³)
Uma hora	200 (*)	400 (**)
Ano Civil	40	

Nota: (*) a não exceder mais de 18 vezes por ano civil.

(**) a medir em três horas consecutivas.



Graf. 10– NO₂: máximos horários.

Pela análise do gráfico supra verifica-se em ambas as estações o cumprimento do limite horário definido para o poluente NO₂.

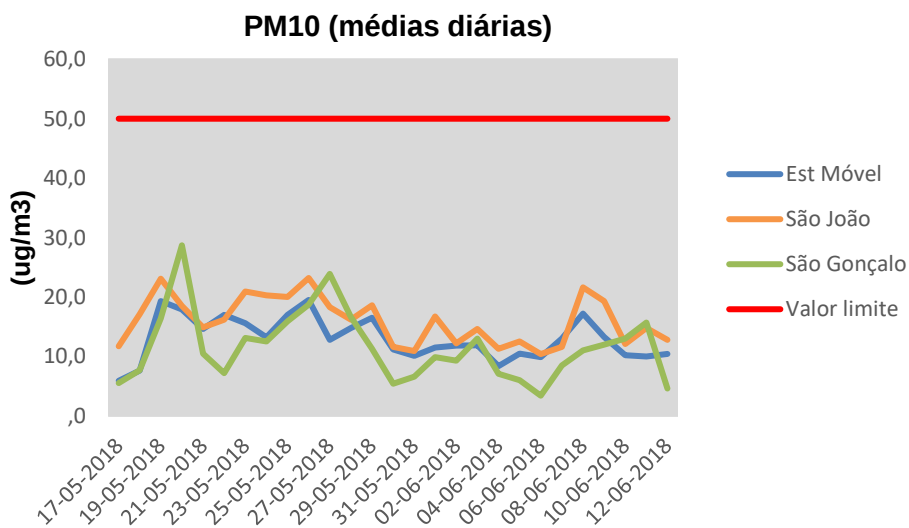
7.2.4. Partículas em Suspensão (PM₁₀)

O quadro seguinte apresenta os limites definidos no diploma para o poluente PM₁₀ tendo em vista a proteção da saúde humana.

Quadro 8 – PM₁₀: proteção da saúde humana

PM ₁₀ - Proteção da saúde humana	
Valor limite (ug/m ³)	
Um dia	50 (*)
Ano civil	40

Nota: (*) a não exceder mais de 35 vezes por ano civil.



Graf. 11 – PM₁₀: médias diárias

Ao analisar-se o gráfico e quadro supra verifica-se o cumprimento dos valores limite fixados no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio.

7.2.5. Partículas PM_{2,5}

O quadro infra apresenta os limites e limiares de avaliação para o poluente PM_{2,5} tendo em vista a proteção da saúde humana.

Quadro 10 – PM_{2,5}: proteção da saúde humana

Período de referência	PM _{2,5} - Proteção da saúde humana	
	Valor limite (*) (ug/m ³)	Limite OMS (ug/m ³)
Ano civil	25	10
Um dia	-	25

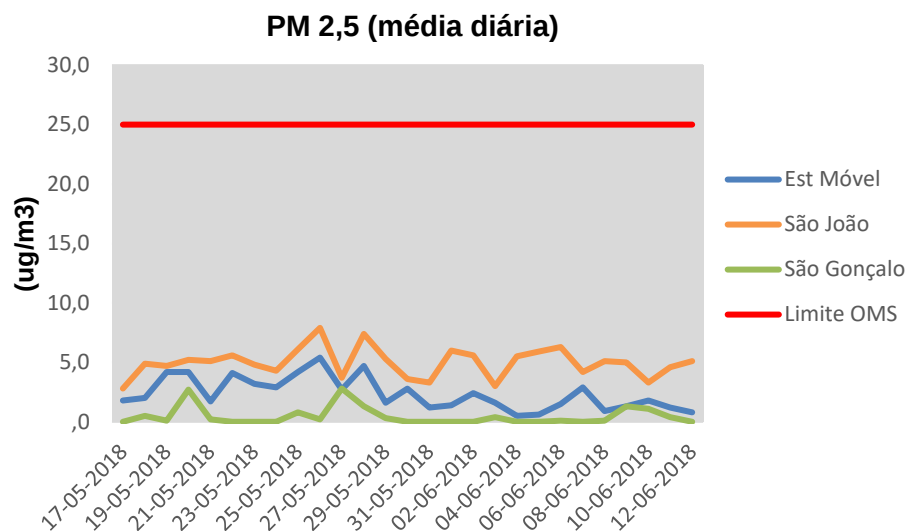
Nota: (*) Aplicável em Estações de Fundo.

O principal objetivo das medições de PM_{2,5} consiste em assegurar a disponibilização de informação adequada sobre os níveis de poluição de fundo. Esta informação é essencial para analisar o aumento dos níveis em zonas mais poluídas, avaliar a possível contribuição do transporte de poluentes atmosféricos a longa distância, fundamentar a análise da distribuição das fontes e compreender poluentes específicos como as partículas em suspensão.

Assim, as medições devem ser realizadas, especialmente em áreas rurais de fundo, em conformidade com as partes A, B e C do anexo IV do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio.

No entanto, a Organização Mundial de Saúde (OMS) aconselha a aplicação de um limite diário de PM_{2,5} para todo o tipo de Estações (Tráfego, Urbana de Fundo e Rural de Fundo) pelo que foi efetuada a avaliação das médias diárias com o limite definido pela OMS.

Quando adequado, a monitorização de PM_{2,5} pode ser coordenada com a estratégia de vigilância e com o programa de medição do Programa Comum de Vigilância Contínua e Avaliação do Transporte a Longa Distância dos Poluentes Atmosféricos (EMEP).



Graf. 12 – PM_{2,5}: médias diárias

Ao analisar-se o gráfico supra verifica-se, em todas as estações, o cumprimento do limite diário definido pela OMS para o poluente PM_{2,5} e relativo à proteção da saúde humana.

8. Índice de Qualidade do Ar para a proteção da saúde humana

Por se tratar de uma campanha junto a um Parque Empresarial, o índice de qualidade do ar para a proteção da saúde humana é calculado a partir de valores médios de concentração dos seguintes poluentes:

- Dióxido de azoto (NO₂) – médias horárias
- Dióxido de enxofre (SO₂) – médias horárias
- Monóxido de carbono (CO) – médias de 8 horas consecutivas
- Partículas inaláveis (PM₁₀) – média diária

8.1. Índice de Qualidade do Ar para os Poluentes

Quadro 11 – Índice por poluente (%)

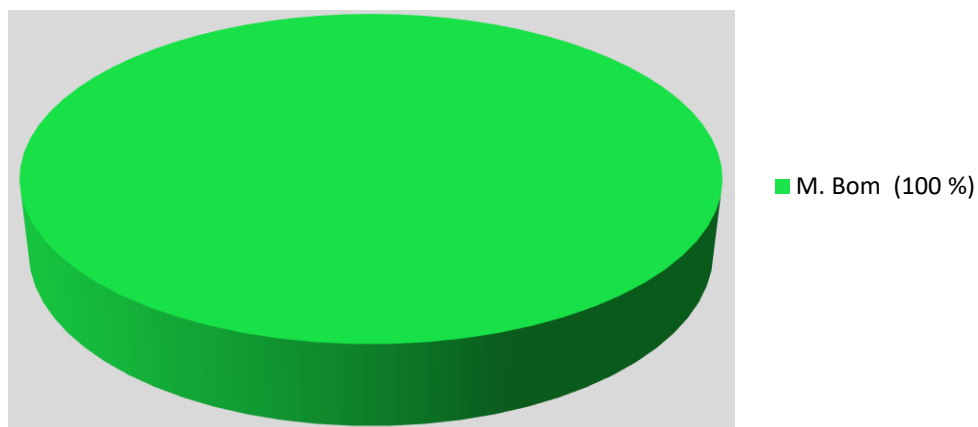
	Índice por poluente (%)								
	CO		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		
	Est. Móvel	São João	Est. Móvel	São Gonçalo	Est. Móvel	São João	Est. Móvel	São João	São Gonçalo
Muito Bom	100	100	100	100	100	100	100	82	93
Bom	-	-	-	-	-	-	-	18	7
Médio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraco	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mau	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/D	-	-	-	-	-	-	-	-	-

8.2. Índice Global de Qualidade do Ar

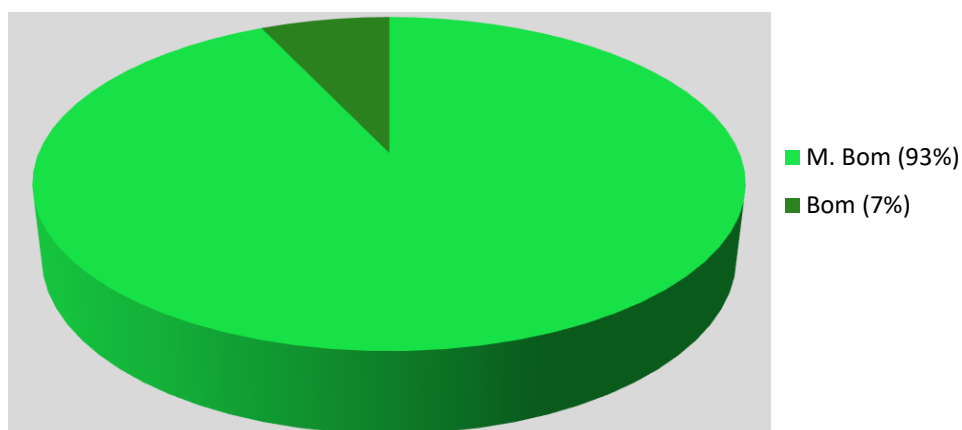
Quadro 12 – Índice Global por estação (%)

	Índice Global (%)		
	Est. Móvel	São Gonçalo	São João
Muito Bom	100	93	82
Bom	0	7	18
Médio	0	0	0
Fraco	0	0	0
Mau	0	0	0

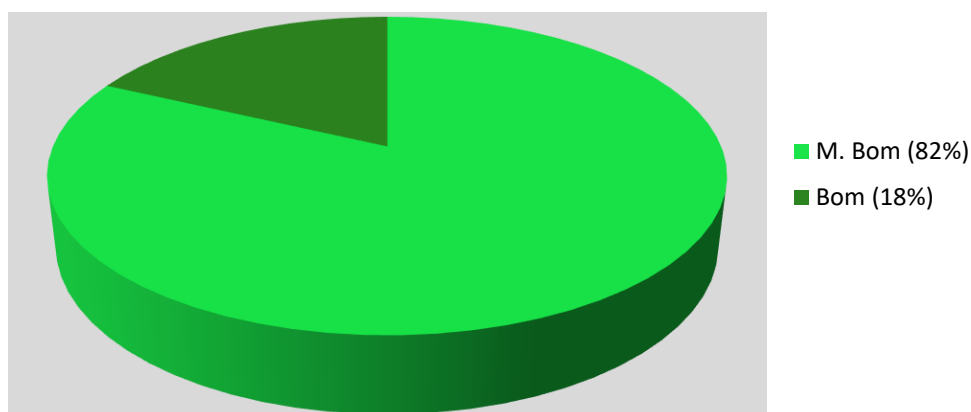
Est. Móvel



São Gonçalo



São João



Grafs. 13, 14 e 15– Índice Global de Qualidade do Ar



9. Organização Mundial da Saúde (OMS)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define recomendações para as concentrações dos vários poluentes tendo em vista a proteção da saúde humana.

No quadro infra apresentam-se os limites definidos pela União Europeia e pela OMS bem como a percentagem de população exposta a concentrações superiores nas zonas urbanas da União Europeia, em conformidade com o Relatório elaborado pela Agência Europeia do Ambiente (AEA) intitulado “Qualidade do Ar na Europa – Report 2016”.

Quadro 13 – Limites da Qualidade do Ar: União Europeia/OMS.

Poluente	Limite	União Europeia	População exposta	OMS	População exposta
		(ug/m ³)	(%)	(ug/m ³)	(%)
PM _{2,5}	Diário			25	85 a 91
	Anual	25	8 a 12	10	85 a 91
PM ₁₀	Anual	40	16 a 21	20	50 a 63
O ₃	Octo-horário	120	8 a 17	100	96 a 98
NO ₂	Anual	40	7 a 9	40	7 a 9
SO ₂	Diário	125	<1	20	35 a 49

10. Discussão dos resultados

O regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente define e fixa objetivos relativos à qualidade do ar ambiente por forma a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos, nomeadamente, à saúde humana.

A qualidade do ar ambiente é avaliada em todas as zonas e aglomerações de acordo com os critérios definidos no diploma supra. No entanto, o respeito dos valores limite para proteção da saúde humana não é avaliado nas localizações situadas em zonas inacessíveis ao público em geral e em que não haja habitação fixa, nas fábricas ou instalações industriais às quais se apliquem todas as disposições relevantes em matéria de saúde e segurança no trabalho e na faixa de rodagem das estradas.

O presente relatório visou avaliar e caracterizar a qualidade do ar junto à EB2,3 do Estreito de Câmara de Lobos durante cerca de três semanas do presente ano 2018, tendo em vista a proteção da saúde humana.

Por forma a se aferir o cumprimento dos limites de qualidade do ar ambiente definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, todos os dados utilizados foram recolhidos através de medições em contínuo efetuadas pelos analisadores existentes nas estações que fazem parte da RMQAR. O tratamento e a análise de dados foram efetuados de acordo com os parâmetros definidos na legislação em vigor.

Da análise dos dados verifica-se:

- o cumprimento dos limites horários, octo-horários e diários definidos para os poluentes primários tendo em vista a proteção da saúde humana;
- uma elevada percentagem do índice de qualidade do ar para a saúde humana Muito Bom em todas as Estações.

No índice de qualidade do ar verificou-se uma predominância do poluente partículas em todas as estações atendendo a que o ozono (poluente secundário) não foi considerado neste estudo.

Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente, 14 de junho de 2018.