

Col@b

Ciência,
_Tecnologia &
SUSTENTABILIDADE

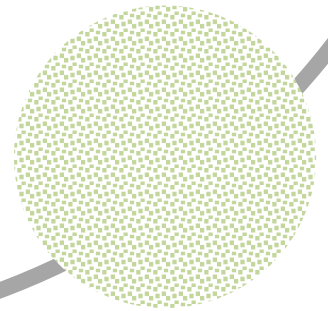
Boscolli Barbosa Pereira | Organizador

Ciência,

_Tecnologia

&

SUSTENTABILIDADE



Col@b



CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

ISBN: 978-65-902241-7-0 (eBook)

doi: <http://dx.doi.org/10.51781/9786590224170>

Colab | Edições Colaborativas
contato@editoracolab.com
www.colab.com.br

acesso livre



Atribuição - Não Comercial - Sem Derivações 4.0 Internacional

Direitos reservados à Editora Colab. É permitido download do arquivo (PDF) da obra, bem como seu compartilhamento, desde que sejam atribuídos os devidos créditos aos autores.

Não é permitida a edição/alteração de conteúdo, nem sua utilização para fins comerciais.

A responsabilidade pelos direitos autorais do conteúdo (textos, imagens e ilustrações) de cada capítulo é exclusivamente dos autores.

Organizador:

Boscolli Barbosa Pereira

Autores:

Amanda Clara de Oliveira, Boscolli Barbosa Pereira, Caio Martins Costa, Cássio Resende de Moraes, Cleber Trindade Barbosa, Clovis Roberto Gurski, Cristiana Magni, Ednaldo Carvalho Guimarães, Eduarda Pires Valente da Silva, Marques da Costa, Eliane Scibor Pietricoski, Euclides Antônio Pereira de Lima, Eunir Augusto Reis Gonzaga, Francielle Aparecida de Sousa, Franciélli Cristiane Gruchowski Woitowicz, Guilherme Macedo Melo, Jeferson Lozecky, João Carlos de Oliveira, Josiane de Souza Calisto, Lôide Andréa Salache, Lorrany Marins Mota, Maria Zizi Martins Mendonça, Nuno Manuel Sessarego Marques da Costa, Paulo Irineu Barreto Fernandes, Sérgio Luis Dias Doliveira e Yorrane Adriene da Silva

Conselho Editorial e Responsabilidade Técnica

A Colab possui Conselho Editorial para orientação e revisão das obras, mas garante, ética e respeitosamente, a identidade e o direito autoral do material submetido à editora.

Conheça nossos Conselheiros Editoriais em <https://editoracolab.com/sobre-n%C3%B3s>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Boscolli Barbosa Pereira (Org.) -Vários autores-
Ciência, Tecnologia e Sustentabilidade [livro eletrônico]

Uberlândia, MG : Editora Colab, 2021.

3,5 MB; PDF

Bibliografia

ISBN : 978-65-902241-7-0

doi: <http://dx.doi.org/10.51781/9786590224170>

1. Ciência. 2. Tecnologia. 3. Sustentabilidade. 4. Sociedade. 5. Ambiente

Índices para catálogo sistemático: Ciência, Tecnologia e Sustentabilidade
628 - Engenharia sanitária; proteção ambiental | 614 – Saúde Pública

Apresentação

Não podemos mais aceitar a polarização binária entre os campos do desenvolvimento social e do desenvolvimento econômico. Também, temos que pensar em como temos entendido o desafio da Sustentabilidade.

Nesse caminho, um referencial importante para nortear o deslocamento, rumo a um modelo mais sustentável de vida e produção, passa pela ressignificação dos conceitos e dos papéis atribuídos à Ciência e à Tecnologia.

Assim, a Academia e as instituições públicas precisam reconhecer a necessidade de uma agenda não utilitária e imediatista do conhecimento. Ciência e Tecnologia constituem um arcabouço que, para ser a base do desenvolvimento sustentável, requer a promoção de mecanismos de financiamento também sustentáveis. É importante, portanto, reconhecer a importância da Pesquisa Básica e ampliar o acesso à transferência tecnológica que advém da Pesquisa Aplicada, com favorecimento à inovação de grande impacto socioeconômico, alta viabilidade, ampla difusão e baixo custo.

Nesse sentido, as iniciativas de produção de conhecimento, divulgação pública da Ciência e o compartilhamento de informações confiáveis devem ter prioridade para, assim, subsidiar políticas públicas mais eficientes, inclusivas e participativas.

Na presente obra, intitulada 'Ciência, Tecnologia e Sustentabilidade' foram reunidos estudos que representam o engajamento de diferentes pesquisadores em apresentar resultados de pesquisas que vão, desde a reflexão sobre os próprios processos de construção do conhecimento, até diferentes aplicações do saber científico, em experimentos voltados para atender a diferentes necessidades e demandas socioambientais.

Boscolli Barbosa Pereira | Organizador

Sumário

APRESENTAÇÃO	05
---------------------------	-----------

CAPÍTULO 1 |

A convergência reducionista ‘Ciência-Tecnologia’ não é um caminho para a Sustentabilidade

Boscolli Barbosa Pereira	08
--------------------------------	-----------

CAPÍTULO 2 |

Importância dos serviços ambientais realizados por abelhas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 e as implicações do uso de agroquímicos

Eliane Scibor Pietricoski, Clovis Roberto Gurski e Franciélli Cristiane Gruchowski Woitowicz	17
--	-----------

CAPÍTULO 3 |

Modelagem multivariada e geoestatística aplicadas a variáveis ambientais

Lorrany Marins Mota, Josiane de Souza Calisto e Ednaldo Carvalho Guimarães.....	34
---	-----------

CAPÍTULO 4 |

A contribuição das Tecnologias Sociais para atingir os ODS-7 no Brasil: desafios para o desenvolvimento sustentável

Cleber Trindade Barbosa, Jeferson Lozecky, Loide Andréa Salache, Sérgio Luis Dias Doliveira e Cristiana Magni	48
---	-----------

CAPÍTULO 5 |

A importância da Atenção Primária à Saúde (APS) no contexto da Saúde Ambiental e monitoramento de vetores, diante de uma pandemia: possibilidades e desafios

João Carlos de Oliveira, Paulo Irineu Barreto Fernandes e Guilherme Macedo Melo	73
---	-----------

CAPÍTULO 6 |

Avaliação da qualidade do ar: um estudo realizado na Área Metropolitana de Lisboa, Portugal

Caio Martins Costa, Euclides Antônio Pereira de Lima, Eduarda Pires Valente da Silva Marques da Costa e Nuno Manuel Sessarego Marques da Costa	100
--	------------

CAPÍTULO 7 |

Neutralização de carbono por meio de plantio de mudas para o ciclo de debates sobre o meio ambiente da UFU em Ituiutaba, Minas Gerais

Eunir Augusto Reis Gonzaga e Yorrane Adriene da Silva 121

CAPÍTULO 8 |

Avaliação de diferentes métodos artificiais no processo de superação de dormência de *Adenantha pavonina*

Cássio Resende de Moraes, Maria Zizi Martins Mendonça e Francielle Aparecida de Sousa 132

CAPÍTULO 9 |

Avaliação do potencial carcinogênico da *Morinda citrifolia* em células somáticas de *Drosophila melanogaster*

Amanda Clara de Oliveira e Cássio Resende de Moraes 144

CAPÍTULO 10 |

Superação da dormência de sementes de *Pouteria ramiflora*, por diferentes métodos artificiais

Cássio Resende de Moraes, Maria Zizi Martins Mendonça e Francielle Aparecida de Sousa 159

SOBRE O ORGANIZADOR E AUTORES 172

ÍNDICE 177

Avaliação da qualidade do ar: um estudo realizado na Área Metropolitana de Lisboa, Portugal

Caio Martins Costa

Graduado em Engenharia Ambiental
Universidade de Uberaba
caiomartinscostadv@yahoo.com.br

Euclides Antônio Pereira de Lima

Doutor em Engenharia Química
Universidade de Uberaba
euclides.lima@uniube.br

Eduarda Pires Valente da Silva Marques da Costa

Geógrafa
Universidade de Lisboa
eduarda.costa@campus.ul.pt

Nuno Manuel Sessarego Marques da Costa

Geógrafo, PhD.
Universidade de Lisboa
nunocosta@campus.ul.pt

RESUMO: Atualmente, manter o estado da qualidade do ar dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente e não prejudiciais para a saúde humana tem sido uma das principais preocupações da sociedade em geral. Para se manter tal qualidade, deve-se realizar o monitoramento constante das concentrações dos poluentes atmosféricos existentes no ar ambiente, realizar a sua análise e avaliação, e com base nos resultados obtidos, promover a gestão da qualidade do ar de forma adequada. Neste trabalho efetuou-se o estudo da qualidade do ar atmosférico da Área Metropolitana de Lisboa, no ano de 2018, por meio de análise e avaliação, utilizando-se os dados obtidos por monitoramento. Os resultados encontrados foram comparados com os limites fixados pela legislação europeia e portuguesa vigente para a proteção da saúde humana, tendo sido demonstradas as excedências ocorridas, bem como indicadas as suas principais causas e as medidas que já foram ou que devem ser tomadas para manutenção dos padrões de qualidade do ar. Verificou-se que, no ano de 2018, que a qualidade do ar ambiente na Área Metropolitana de Lisboa, de uma forma geral, foi boa, com pequenas exceções quanto ao dióxido de nitrogênio e ao ozônio. As principais causas, que influenciaram nas elevações e excedências das concentrações dos poluentes, foram os grandes volumes do tráfego de veículos e as condições meteorológicas favoráveis à formação dos mesmos, ou então, desfavoráveis à sua dispersão.

Palavras-chave: Controle de poluição atmosférica; Monitoramento; Padrões de qualidade do ar.

Como citar este trabalho:

COSTA, C.M.; LIMA, E.A.P.; COSTA, E.P.V.S.M.; COSTA, N.M.S.M. Avaliação da qualidade do ar: um estudo realizado na Área Metropolitana de Lisboa, Portugal. In: PEREIRA, B.B. **Ciência, Tecnologia e Sustentabilidade**. 1Ed. Uberlândia: Editora Colab, 2021. p.100-120. <http://dx.doi.org/10.51781/9786590224170100120>.

INTRODUÇÃO

Atualmente, “qualidade do ar” consiste numa expressão empregada para indicar o grau de poluição existente no ar ambiente, estando, desta forma, diretamente ligada à poluição atmosférica, que pode ser definida, de uma forma simplificada, como sendo uma alteração química da atmosfera resultante de fenômenos naturais e, principalmente, da atividade antrópica, nociva à saúde humana, pois causa uma degradação do ar que se respira.

A sociedade em geral, nos últimos anos, encontra-se bastante preocupada em manter o estado da qualidade do ar ambiente, ou seja, os níveis de concentração dos poluentes atmosféricos, dentro dos parâmetros seguros no que concerne à saúde humana.

À vista disso, a União Europeia passou a adotar um conjunto de medidas legislativas e administrativas, que vêm sendo constantemente modificadas e estão cada vez mais severas, a serem observadas e aplicadas pelos Estados-Membros, com o intuito principal de reduzir a emissão de poluentes atmosféricos e de definir objetivos e normas de qualidade do ar.

Entretanto, na Área Metropolitana de Lisboa, durante o ano de 2018, apesar de todos os esforços realizados, algumas das concentrações dos poluentes existentes no ar ambiente ultrapassaram os limites estabelecidos por lei, não tendo sido, por conseguinte, mantido todos os padrões de qualidade do ar exigidos. Tal fato decorre de alguns fatores específicos, que podem estar relacionados, principalmente, à existência de determinadas condições meteorológicas, bem como às atividades antrópicas.

Este trabalho teve como objetivo estudar a qualidade do ar atmosférico da Região Metropolitana da cidade de Lisboa, Portugal, baseado nas análises das concentrações dos poluentes existentes nessa área e comparação dessas com os

limites estabelecidos pela legislação vigente. Ainda surgiu da vontade de estudar e conhecer o modelo aplicado por um país que se encontra alinhado com meios mais rigorosos de controle de poluição atmosférica, visando melhorar a qualidade de seu ar ambiente, mantendo-o dentro dos padrões e limites estabelecidos e inofensivos à saúde humana, e desse modo, melhorar a qualidade de vida de sua população.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente estudo foi abordada a poluição atmosférica, que segundo Cançado et al. (2006, p. 1):

A poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias estranhas na atmosfera, resultantes da atividade humana ou de processos naturais, em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem estar dos seres vivos.

Os principais poluentes atmosféricos que representam a maior parte da contaminação do ar ambiente são o dióxido de nitrogênio (NO_2), as partículas em suspensão (MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$), o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO_2), o ozônio (O_3) e o benzeno (C_6H_6).

Dentre eles, destaca-se o NO_2 , que é um poluente atmosférico bastante comum e suas principais fontes “são os motores dos automóveis e, em menor escala, as usinas termoelétricas, indústrias, fogões a gás, aquecedores que utilizam querosene (mais frequentes em regiões frias) e também o cigarro” (CANÇADO et al., 2006, p. 7).

O NO_2 é altamente tóxico e pode dar origem a certas substâncias cancerígenas para o pulmão, além de provocar irritação nas mucosas em geral e nos olhos, bem como enfisema pulmonar e alterações sanguíneas (BRANCO; MURGEL, 2012).

Outro poluente atmosférico que merece destaque é o material particulado (MP), que consiste no conjunto das partículas sólidas e líquidas encontradas em suspensão no ar ambiente, sendo que suas fontes de emissão vão determinar diretamente o seu tamanho e composição (CANÇADO et al., 2006).

A emissão dessas partículas pode ser realizada por diversos tipos de fontes, que de acordo com Branco, Murgel (2012, p. 100) podem estar relacionados com:

inúmeros processos industriais caracterizados pela combustão incompleta; pela ação física de trituração (como é o caso da trituração de rochas fosfáticas nas indústrias de fertilizantes); pelo vento, que eleva as partículas (em depósitos de carvão) e a poeira (em áreas sem cobertura vegetal); pela emissão de partículas ferruginosas em altos-fornos de metalúrgicas.

Além disso, são fontes de emissão de material particulado as atividades vulcânicas e os incêndios florestais, sendo que, nas áreas urbanas, a maior fonte de emissão dessas partículas consiste nos veículos automotores, nas vias de intenso tráfego, ocorrendo, não só as emissões pelos escapamentos dos veículos, mas também pelo desgaste dos pneus, freios e por meio da suspensão das poeiras existentes nas vias (NOGUEIRA; MESQUITA, 2018).

Quanto aos danos causados à saúde humana, vão depender, da composição química do material particulado em suspensão no ar ambiente, os diversos efeitos e sintomas que podem ser provocados (BRANCO; MURGEL, 2012).

Lora (2002), ao analisar dados epidemiológicos, concluiu que altas concentrações de particulados provocam o aumento da incidência de doenças respiratórias, bronquite crônica, constrição dos brônquios, diminuição da função pulmonar e aumento da mortalidade.

O ozônio (O₃) é o terceiro poluente em destaque e consiste num gás que as concentrações mais elevadas ocorrem nos dias de verão em que prevalece a estabilidade atmosférica, com ventos fracos, forte radiação solar e consequente temperaturas elevadas, frequentemente associadas à influência de um anticiclone (NOGUEIRA; MESQUITA, 2018).

De acordo com Nogueira e Mesquita (2018, p. 52), quanto à saúde humana, o O_3 :

penetra nas vias respiratórias profundas, afetando essencialmente os brônquios e os alvéolos pulmonares, podendo a sua ação manifestar-se por irritações nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e por problemas respiratórios, tais como dificuldade em respirar, dores no peito e tosse.

Determinadas condições meteorológicas afetam diretamente a concentração de poluentes existentes no ar ambiente de uma determinada região, como por exemplo, a movimentação vertical do ar na atmosfera e a velocidade dos ventos.

A existência de condições meteorológicas adversas à dispersão dos poluentes atmosféricos, na maior parte das vezes, estão relacionadas ao aumento da poluição atmosférica (LORA, 2002).

Outras variáveis meteorológicas que também vão influenciar na formação ou na dispersão dos poluentes atmosféricos, e conseqüentemente, na qualidade do ar, são a temperatura, a radiação solar, a pressão atmosférica e as precipitações (NOGUEIRA; MESQUITA, 2018).

Segundo Nogueira e Mesquita (2018), uma forte radiação solar relacionada com altas temperaturas, favorece a formação de poluentes fotoquímicos, como o O_3 .

Situações de baixas pressões atmosféricas geralmente provocam grande turbulência na atmosfera e, por conseguinte, ajudam na dispersão dos poluentes, enquanto que, altas pressões, opostamente, influenciam na ocorrência de ventos fracos e estabilidade atmosférica, desfavorecendo a dispersão (NOGUEIRA; MESQUITA, 2018).

Por fim, no que concerne às precipitações, cumpre ressaltar que elas normalmente estão relacionadas a uma instabilidade atmosférica, o que vai promover a dispersão dos poluentes atmosféricos, além do fato de que os poluentes gasosos e as partículas são solubilizados pelas gotas de chuva, promovendo a sua deposição sobre o solo e outras superfícies, diminuindo, por conseguinte, as concentrações no ar ambiente (NOGUEIRA; MESQUITA, 2018).

No que diz respeito à legislação europeia sobre o assunto, ressalta que o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram a Diretiva 2008/50/CE, de 21 de maio de 2008 (EUROPA, 2008). Além dessa norma, destaca-se a existência da Diretiva 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 15 de dezembro de 2004 (EUROPA, 2004).

Com base nessas duas Diretivas, em Portugal, atualmente, a avaliação e a gestão do ar são regulamentadas em conformidade com o disposto no Decreto-Lei 102/2010, de 23 de setembro de 2010 e suas alterações posteriores, sendo que, em seu Anexo I, restam listados todos os poluentes atmosféricos que devem ser levados em consideração na avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, tratando-se de todos os constantes na Diretiva 2008/50/CE e na Diretiva 2004/107/CE, estipulando, ainda, os valores limites, limites de tolerância, alerta e informação, níveis críticos, valor alvo e objetivos a longo prazo, das concentrações dos poluentes atmosféricos, em seus Anexos VIII, XII, XIII, XIV e XV.

METODOLOGIA

Primeiramente, realizou-se um estudo sobre poluição atmosférica, por meio de pesquisas bibliográficas em obras já elaboradas sobre o assunto, relatando-se, dentre outros temas, os tipos de poluentes atmosféricos mais nocivos, suas fontes e os efeitos que eles podem promover para a saúde humana.

Após, fez-se um levantamento das Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar (EMQAr) que compõem a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar de Lisboa e Vale do Tejo (RMQA LVT), bem como apresentou-se a legislação vigente sobre a avaliação, controle e gestão da qualidade do ar ambiente, aplicada em toda a União Europeia, inclusive em Portugal, bem como a legislação portuguesa específica sobre o assunto.

Das vinte e três estações que compõem a RMQA LVT, foram escolhidas cinco delas para servirem de foco no presente estudo, Os critérios para a sua escolha foram: disponibilidade de dados para a maior diversidade de poluentes e meses de recolha; representação de uma realidade metropolitana onde a densidade populacional, a presença de atividades económicas e as taxas de motorização são mais elevadas. Neste contexto escolheram-se estações de dois municípios. Em Lisboa foram escolhidas as estações da Avenida da Liberdade, de Entrecampos, de Olivais, de Santa Cruz de Benfica, e em Almada, município da margem sul da Área Metropolitana de Lisboa, a estação do Laranjeiro. Tal escolha levou em consideração devido as mesmas se localizarem numa área que possui uma das maiores densidades populacionais da Área Metropolitana de Lisboa (INE, 2018) e onde ainda existem alguns problemas relacionados à qualidade do ar ambiente.

Realizou-se, então, um levantamento dos dados obtidos pelas cinco estações escolhidas, e divulgados pela QualAR de Portugal, por meio de seu site e de tabelas obtidas pelo tratamento dos dados utilizando planilhas do Excell, para o período compreendido entre os meses de janeiro e dezembro de 2018, para os poluentes dióxido de nitrogênio (NO_2), partículas em suspensão (MP_{10}) e ozônio (O_3), tendo em vista serem esses os poluentes que, nos últimos anos, ainda têm apresentado alguns problemas referentes à poluição do ar ambiente na Área Metropolitana de Lisboa.

Baseando-se nas concentrações horárias desses poluentes, obtidas nas medições realizadas pelas cinco estações, observando-se o período de referência da avaliação de cada poluente atmosférico e utilizando-se tabelas Excell, foram calculadas algumas médias, sendo elas horárias, por períodos de oito horas (octo-horárias), diárias e anuais.

Efetou-se, então, uma comparação entre as concentrações horárias e médias encontradas, e os valores limites máximos previstos na legislação vigente, para a proteção da saúde humana.

Verificou-se, então, os números de excedências ocorridas, no período de janeiro a dezembro de 2018, bem como a frequência, o tipo de local, a época do ano e as condições meteorológicas em que elas ocorreram. Por fim, identificou-se quais poluentes superaram os limites tolerados de ultrapassagens anuais.

A partir desta informação, foram elaborados quadros e gráficos, demonstrando a comparação realizada entre os resultados obtidos e seus respectivos limites fixados pela legislação vigente.

Comentou-se sobre os resultados obtidos para os três poluentes analisados, identificando as causas mais significativas que promoveram as ultrapassagens dos valores limites e relatando sobre as influências das fontes de emissão e das condições meteorológicas existentes.

Relatou-se sobre as medidas que estão sendo, ou que devem ser tomadas, pelos órgãos portugueses competentes, para manter a qualidade do ar ambiente dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

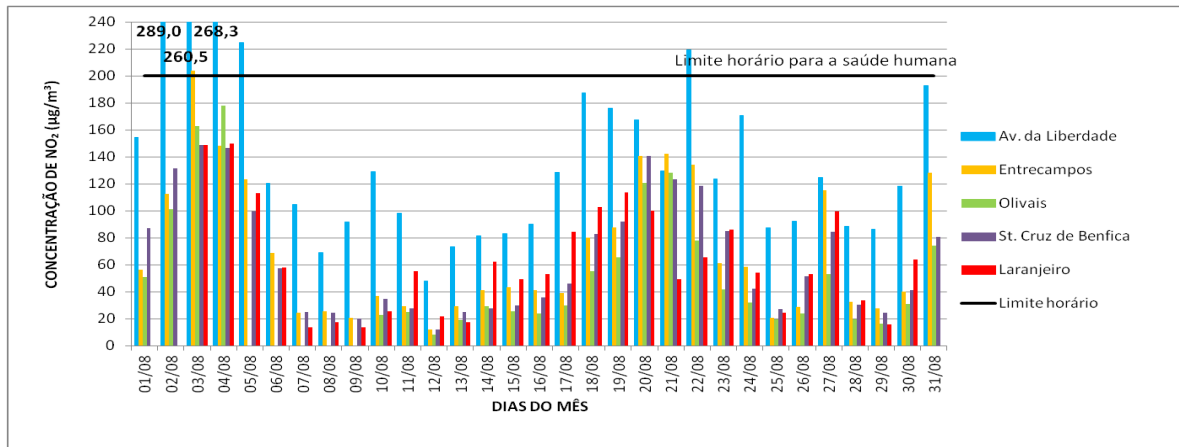
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dióxido de nitrogênio (NO₂)

O primeiro poluente analisado foi o dióxido de nitrogênio (NO₂). Foram elaborados gráficos considerando o período mensal e que demonstram, diariamente, os valores das maiores concentrações horárias de cada uma das cinco estações, simultaneamente, indicando, ainda, o valor do limite horário (VLH), retratando, desta forma, todos os dias em que houve a sua excedência, mês a mês.

A Figura 1 demonstra o gráfico referente ao mês de agosto/2018, no qual ocorreu o maior número de ultrapassagens.

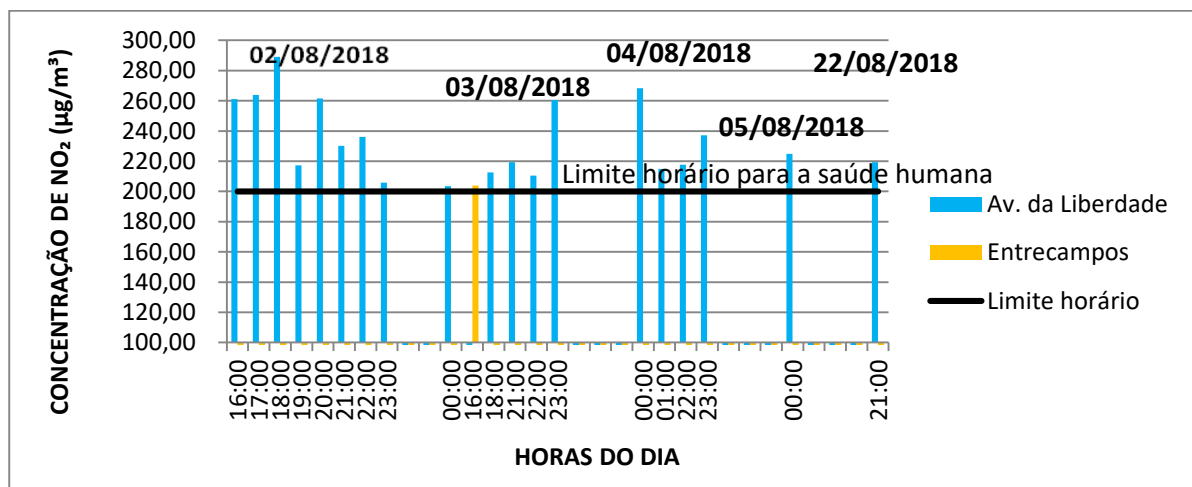
Figura 1. Maiores concentrações horárias de NO₂, no mês de agosto/2018.



Fonte: Autores (2019)

Com o intuito de demonstrar claramente as ultrapassagens ocorridas, sobre o VLH, nos períodos em que elas aconteceram, foram também elaborados gráficos apresentando as concentrações horárias de NO₂ e o referido VLH, demonstrando, desta forma, todos os horários em que foram verificadas excedências. A Figura 2 mostra os horários em que ocorreram as ultrapassagens no mês de agosto/2018.

Figura 2. Excedências das concentrações horárias de NO₂, ocorridas no mês de agosto/2018, nas estações da Avenida da Liberdade e de Entrecampos.



Fonte: Autores (2019).

Considerando as concentrações de NO₂ obtidas, o VLH (200 µg/m³) e o número máximo de ultrapassagens anuais permitidas (18 vezes), verificou-se que apenas na estação da Avenida da Liberdade tal limite não foi observado, tendo ocorrido trinta e quatro excedências⁴.

Quanto ao valor limite anual (VLA), que é de 40 µg/m³ e que considera a média anual das concentrações horárias encontradas, verifica-se que, somente nas estações da Avenida da Liberdade (60,7 µg/m³) e de Entrecampos (40,5 µg/m³), o mesmo não foi respeitado.

Já no que se refere ao limite de alerta (400 µg/m³) que não pode ser ultrapassado durante três horas consecutivas, observa-se que em nenhuma das cinco estações foi excedido.

Assim sendo, verifica-se que, quanto às concentrações de NO₂, apenas nas estações de Olivais, Santa Cruz de Benfica e Laranjeiro, a qualidade do ar foi mantida, para os três critérios aplicados, ou seja, com relação ao VLH, VLA e limite de alerta.

A estação da Avenida da Liberdade, por sua vez, foi a que apresentou as mais elevadas concentrações de NO₂, sendo uma das principais causas a queima de combustíveis fósseis decorrente do intenso tráfego de veículos existente nessa área.

Os meses em que foram observadas as maiores concentrações de NO₂ foram os de agosto e outubro, que se encontram dentro do período em que se concentraram as condições meteorológicas menos favoráveis à dispersão de poluentes atmosféricos em Lisboa, como a estabilidade atmosférica e falta de precipitação, ou então, favoráveis à formação de NO₂, como a presença de forte radiação solar.

⁴ A Avenida da Liberdade corresponde a um dos eixos centrais da cidade de Lisboa, estruturante do seu Central Business District.

Material Particulado (MP₁₀)

O segundo poluente analisado foi o material particulado (MP₁₀), e utilizando-se as concentrações horárias obtidas nas cinco estações, foram apuradas as médias diárias para cada uma delas e que serviram de base para a análise desse poluente.

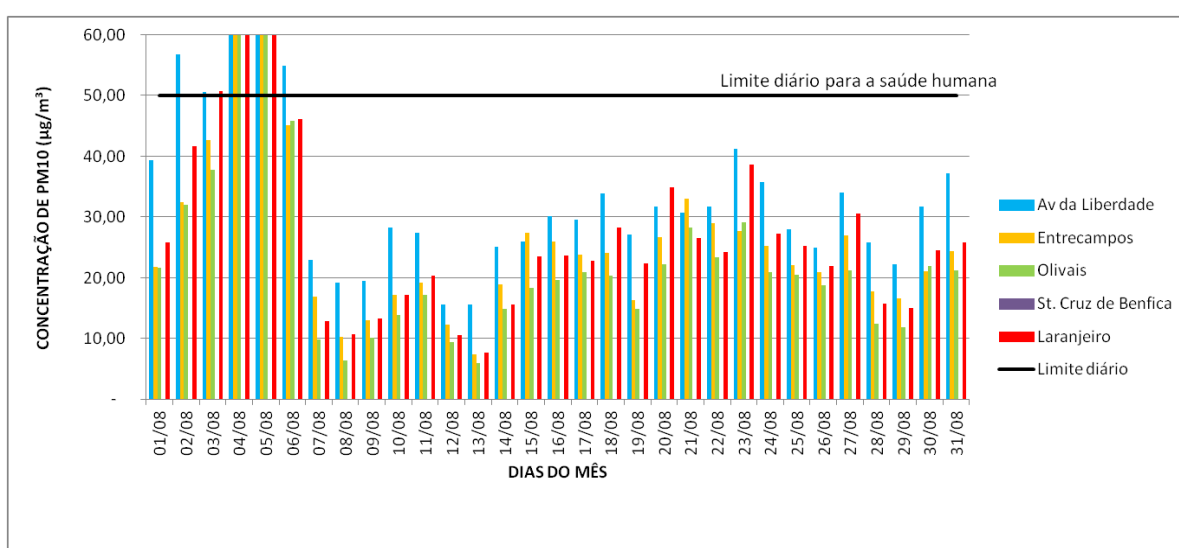
Os gráficos evidenciam, diariamente, os valores das concentrações médias diárias apuradas, concomitantemente, exibindo, ainda, o valor limite diário (VLD), e por conseguinte, todos os dias em que esse limite foi excedido. Cada gráfico compreende o período de um mês.

Esclarece-se que as excedências ocorridas, imputáveis às fontes naturais, foram desconsideradas, conforme permitido pela legislação portuguesa, por não serem significativas.

Para o MP₁₀ o VLD é de 50 µg/m³ e não pode ser excedido mais do que trinta e cinco vezes no ano.

Na primeira semana, do mês de agosto, foi quando ocorreu o maior número de ultrapassagens do VLD. A Figura 3 apresenta o gráfico do referido ao mês.

Figura 3. Concentrações médias diárias de MP10, no mês de agosto/2018.



Fonte: Autores (2019).

O Quadro 1, exibe, detalhadamente, todos os excessos verificados do mês de agosto.

Quadro 1. Concentrações médias diárias de MP10, nas estações da Avenida da Liberdade, Entrecampos, Olivais e Laranjeiro, que ultrapassaram o valor limite diário, no mês de agosto/2018.

Estação	Nº Ultrap. Anual	Dia	VLD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vlr Média Diária Obtida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Av. da Liberdade	4	02/08/2018	50	56,8
	5	03/08/2018	50	50,5
	6	04/08/2018	50	82,1
	7	05/08/2018	50	83,4
	8	06/08/2018	50	54,8
Entrecampos	1	04/08/2018	50	65,8
	2	05/08/2018	50	76,0
Olivais	1	04/08/2018	50	60,5
	2	05/08/2018	50	85,4
Laranjeiro	3	03/08/2018	50	50,7
	4	04/08/2018	50	67,6
	5	05/08/2018	50	83,3

Fonte: Autores (2019).

A estação que apresentou o maior número de excedências ao VLD no ano foi a da Avenida da Liberdade, sendo num total de dezessete vezes, bem abaixo do máximo permitido.

A estação de Santa Cruz de Benfica apresentou apenas duas excedências, sendo que, entretanto, nela só foram realizadas medições das concentrações de MP₁₀ no período de 01 de janeiro a 25 de fevereiro.

No que se refere ao valor limite anual (VLA), que é de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e que representa a média anual, calculada a partir das médias diárias, verifica-se que, em todas as cinco estações, ele também foi respeitado.

Assim sendo, verifica-se que, quanto ao MP_{10} , a qualidade do ar ambiente foi devidamente mantida nas estações analisadas, tanto no que se refere ao VLD quanto ao VLA.

Ozônio (O_3)

O último poluente analisado foi o ozônio (O_3). Das estações escolhidas, apenas as de Entrecampos, Olivais e Laranjeiro realizam o monitoramento desse poluente.

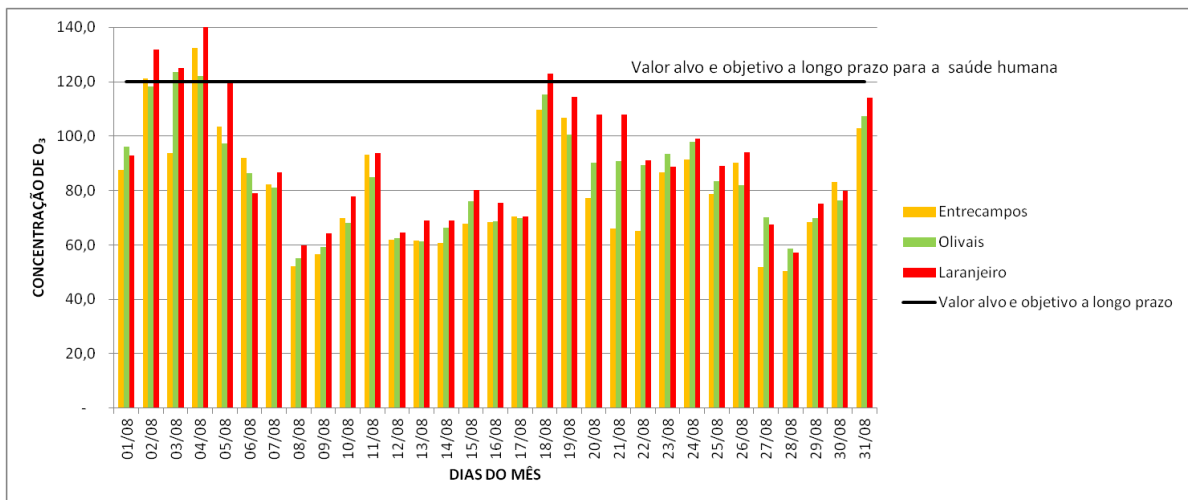
Com base nas concentrações horárias obtidas nessas três estações, foram encontradas as suas médias octo-horárias, calculadas por períodos consecutivos de oito horas, sendo que, cada uma dessas médias, leva em consideração as últimas oito concentrações horárias verificadas e é apurada de forma a ser atribuída ao dia em que termina.

Assim sendo, o primeiro período de cálculo de um dia tem início às 17:00 horas do dia anterior e termina à 01:00 hora do dia em referência, enquanto que, o último período de cálculo de um dia tem início às 16:00 horas e termina às 00:00 horas do mesmo dia.

Os gráficos elaborados evidenciam, diariamente, os valores das maiores médias octo-horárias apuradas no referido dia, simultaneamente para as três estações em foco, indicando, ainda, o valor alvo e o objetivo a longo prazo, e conseqüentemente, todos os dias em que esse limite foi excedido. Cada gráfico compreende o período de um mês.

A Figura 4 demonstra o gráfico referente ao mês de agosto/2018, no qual houve o número mais elevado de excedências sobre o valor alvo e objetivo a longo prazo

Figura 4. Concentrações médias octo-horárias de O₃, no mês de agosto/2018.



Fonte: Autores (2019).

Para o O₃ a legislação em vigor estabelece a concentração máxima de 120 µg/m³, tanto para o valor alvo quanto para o objetivo a longo prazo.

Para o valor alvo são permitidas vinte e cinco excedências anuais, num período médio de três anos, avaliado por meio da maior concentração diária das médias octo-horárias encontradas. Quanto ao objetivo a longo prazo, não é permitida qualquer excedência.

Analisando os dados obtidos das concentrações de O₃ e comparando-os com o valor alvo estabelecido, verifica-se que a qualidade do ar ambiente ficou dentro dos padrões estabelecidos, pois o maior número de ultrapassagens anuais encontrado, nos últimos três anos, foi de dezoito, na estação de Laranjeiro, restando bem abaixo do montante permitido.

Quanto ao objetivo a longo prazo, uma vez que não é permitida qualquer ultrapassagem anual, nenhuma das estações conseguiu, no ano de 2018, alcançar o mesmo.

O valor limite de informação, estipulado pela legislação vigente, de 180 µg/m³, avaliado para os valores horários médios de concentração obtidos, somente

foi ultrapassado na estação de Laranjeiro, por duas vezes, o que ocorreu no mês de agosto.

Quanto ao valor limite de alerta, fixado pela legislação vigente, de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, também avaliado para os valores horários médios de concentração obtidos, constata-se que, em nenhuma das estações analisadas, tal limite foi ultrapassado.

Observa-se, por intermédio do presente estudo, que as maiores concentrações de O_3 ocorreram nos meses de maio, agosto e setembro, ou seja, dentro do período das estações de primavera e verão, no qual se concentram as condições meteorológicas mais favoráveis para a formação de O_3 , ou seja, temperaturas elevadas, forte radiação solar, vento fraco e estabilidade atmosférica.

Medidas mitigadoras

As principais medidas tomadas foram orientadas para o setor do transporte rodoviário, com enfoque nas políticas e medidas referentes à mobilidade na Área Metropolitana de Lisboa, por ser o referido setor o principal emissor do NO_2 e do MP_{10} e, por conseguinte, o maior problema para se manter a qualidade do ar ambiente na região em foco.

Uma das medidas consiste na criação de incentivos fiscais visando à renovação da frota de veículos por modelos mais novos e de menor cilindrada (CCDR LVT, 2009), e recentemente, priorizando os novos veículos elétricos (CCDR LVT, 2017), promovendo, com isso, a redução considerável da emissão de poluentes na atmosfera. No mesmo sentido, o setor público está promovendo a renovação da sua própria frota (CCDR LVT, 2017).

Tem sido também mantido o conjunto de medidas com o objetivo de promover uma maior utilização do transporte público, como a diminuição dos custos das tarifas pagas (CCDR LVT, 2017) e o aumento do número de corredores de ônibus na cidade de Lisboa e em seus principais acessos (CCDR LVT, 2009).

Concomitantemente, visando incentivar a maior ocupação dos carros que transitam em Lisboa, deverá ser proposta a introdução de novos pedágios nas suas vias de acesso e mantidos os já existentes, com valores de tarifas diferenciadas para o transporte individual, estipulados em conformidade com o número de ocupantes dos veículos, com valores decrescentes de acordo com o maior número de ocupantes (CCDR LVT, 2006a).

Uma medida que também deve continuar a ser realizada é a manutenção e o aumento da constante fiscalização contra os estacionamento ilegais existentes na Região de Lisboa, visando, com isso, redução do número de lugares não tarifados disponíveis, e conseqüentemente, inibir e diminuir o número de veículos automotores que transitam diariamente em Lisboa (CCDR LVT, 2009).

Outra medida de grande importância e que já gerou resultados satisfatórios, foi a implementação da “Zona de Emissões Reduzidas – ZER”, que consiste num programa no qual foram demarcadas duas zonas, na área central de Lisboa. Nas referidas zonas, o tráfego de veículos mais antigos, e por isso mais poluentes, é proibido em certas horas dos dias úteis, ou seja, das 07:00 às 21:00 (CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA, 2019). Essa medida é bem diferente do rodízio de veículos, praticado na cidade de São Paulo, uma vez que independe da placa, mas sim da qualidade da fumaça que o veículo emite, em função do ano de fabricação.

Em conformidade com a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (2006b), uma medida também implantada pelo setor público e que tem gerado resultados positivos, embora não muito significativos, consiste no aumento da frequência na lavagem de ruas e avenidas, principalmente da Avenida da Liberdade.

Outra medida viável e sustentável a ser adotada, consiste em desenvolver projetos e medidas que visem a promoção da adoção de meios “suaves” de mobilidade, como os deslocamentos a pé, bem como o encorajamento e o aumento

do uso da bicicleta, como principais meios de locomoção utilizados pelos residentes na Área Metropolitana de Lisboa (CCDR LVT, 2009).

Por fim, deve-se promover também, medidas destinadas a alertar e sensibilizar toda a população, bem como os agentes econômicos, acerca da necessidade de sua contribuição para que seja alcançada a melhoria da qualidade do ar ambiente, bem como da importância da adoção das medidas descritas (CCDR LVT, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, foi possível comprovar que na Área Metropolitana de Lisboa foi implementada uma rede de monitoramento da qualidade do ar muito eficiente, formada por estações bem localizadas e que realizam as medições horárias das concentrações dos poluentes atmosféricos de maior relevância, permitindo assim, a avaliação da qualidade do ar em qualquer período do dia e do ano.

Os objetivos desse estudo foram atingidos, tendo sido devidamente avaliado o estado da qualidade do ar na Área Metropolitana de Lisboa, durante todo o ano de 2018, identificadas e demonstradas as elevações significantes ocorridas nas concentrações dos principais poluentes atmosféricos, suas causas e períodos em que ocorreram. Foram analisadas as ultrapassagens dos limites estabelecidos pela legislação vigente, e ainda, relacionando as medidas que devem ser realizadas, ou que já estão sendo, para promover a mitigação dessas elevações. Foram também relatados os problemas que cada poluente atmosférico pode causar para a saúde humana.

A qualidade do ar ambiente na região em foco, de acordo com as estações analisadas, de uma forma geral, é boa, sendo que, com exceção do dióxido de nitrogênio (NO₂), e do valor limite de informação e objetivo a longo prazo do ozônio

(O₃), para os poluentes atmosféricos analisados, ela foi mantida dentro dos padrões de qualidade fixados pela legislação vigente para a proteção da saúde humana.

As alterações, elevações e excedências verificadas nas concentrações dos poluentes se deram em virtude, principalmente, das diferenças do volume do tráfego de veículos automotores existentes entre a localização das estações, bem como as diferentes condições meteorológicas existentes em Lisboa, entre as quatro estações do ano.

Agosto foi o mês em que ocorreram as maiores concentrações, entre os poluentes analisados, bem como, os seus maiores números de excedências aos valores limites, tendo sido o principal responsável por ter sido ultrapassado o número máximo de excessos anuais do dióxido de nitrogênio na estação da Avenida da Liberdade, assim como das duas excedências ao limite de informação do ozônio ocorridas na estação Laranjeiro.

De acordo com os resultados obtidos por meio do diagnóstico realizado sobre a qualidade do ar ambiente, constatou-se que, o setor do transporte rodoviário se destaca como sendo o principal emissor do dióxido de nitrogênio (NO₂) e do material particulado (MP₁₀) e, por conseguinte, o maior problema para se manter a qualidade do ar ambiente dentro dos parâmetros legais, na região em foco.

Foram, então, relacionadas algumas medidas mitigadoras já tomadas ou a serem realizadas para tentar resolver os problemas ligados à poluição atmosférica existente em Lisboa e manter a qualidade do ar ambiente dentro dos parâmetros legais.

Espera-se que o presente estudo contribua para o entendimento e divulgação da qualidade do ar na Área Metropolitana de Lisboa, do modelo aplicado num país mais rígido e eficiente quanto a este tema, das principais medidas que devem ser tomadas visando evitar os problemas causados pela poluição atmosférica, e das consequências causadas na saúde humana e ao meio ambiente pela baixa de qualidade do ar.

Nos trabalhos futuros propõe-se analisar como está sendo realizada, na União Europeia, a aplicação das multas pela não manutenção da qualidade do ar atmosférico dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Fica ainda, como sugestão, analisar as interferências que os eventos naturais provocam na qualidade do ar atmosférico da RLVT, bem como a realização dos descontos autorizados pela legislação, referentes a tais eventos, na análise das concentrações do MP₁₀.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNIUBE (Universidade de Uberaba), à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), à Universidade Federal de Uberlândia e à Universidade de Lisboa – IGOT pelo apoio disponibilizado para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo. **Poluição do ar**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2012.

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA. **Zona de Emissão Reduzida**. Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt/viver/mobilidade/zonas-emissoes-reduzidas>. 2019. Acesso em: 16 nov. 2019.

CANÇADO, José Eduardo Delfini et al. - **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica** – Jornal Brasileiro de Pneumologia. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132006000800003. Acesso em: 19 abr. 2019.

COMISSÃO DE COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL DE LISBOA E VALE DO TEJO (CCDR LVT). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Universidade Fernando Pessoa. **Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo Para os Poluentes Partículas PM10 e**

NO2 nas Aglomerações da Área Metropolitana de Lisboa Norte e Área Metropolitana de Lisboa Sul. Lisboa, 2017.

COMISSÃO DE COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL DE LISBOA E VALE DO TEJO (CCDR LVT). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Universidade Fernando Pessoa. **Programa de Execução do Plano de melhoria da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo.** Lisboa, 2009.

COMISSÃO DE COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL DE LISBOA E VALE DO TEJO (CCDR LVT). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Universidade Fernando Pessoa. **Planos e Programas para a melhoria da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo.** Lisboa, 2006a.

COMISSÃO DE COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL DE LISBOA E VALE DO TEJO (CCDR LVT). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Universidade Fernando Pessoa. **Avaliação do Impacto nos Níveis de Partículas Inaláveis Resultante do Reforço das Lavagens na Avenida da Liberdade.** Lisboa, 2006b.

EUROPA. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Directiva 2008/50/CE, de 21 de maio de 2008. **Jornal Oficial da União Europeia**, 11 jun. 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>. Acesso: em 19 abr. 2019.

EUROPA. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Directiva 2004/107/CE, de 15 de dezembro de 2004, **Jornal Oficial da União Europeia**, 26 jan. 2005. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:PT:PDF>. Acesso: em 05 out. 2019.

LORA, Electo Eduardo Silva. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

NOGUEIRA, Luísa; MESQUITA, Sandra. **Avaliação da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2017.** 1ª ed. Lisboa: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, 2018.

PORTUGAL. Governo de Portugal. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. **Decreto-Lei nº 102/2010, de 23 de setembro de 2010.** Diário da República nº 186/2010, Série I, 23 set. 2010. Disponível em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/342123/details/normal?!=1>. Acesso em: 21 set. 2019.

QUALAR. **Base de dados online sobre a qualidade do ar.** Disponível em:
<https://qualar1.apambiente.pt/qualar/index.php?page=6>. Acesso em 21 set. 2019.