



UNIVERSIDADE
FERNANDO PESSOA
WWW.UFP.PT

Sumário da Aula

Qualidade do ar interior

Ana Maria da Conceição Ferreira

fevereiro de 2022

Ana Maria da Conceição Ferreira

Sumário da Aula

Ana Maria da Conceição Ferreira

*Sumário da Aula apresentada à Universidade Fernando Pessoa, como parte dos requisitos para prestação de provas de **Agregação em Ecologia e Saúde Ambiental**, conforme previsto na alínea c) do n.º 2 do artigo 4.º do Regulamento n.º 307/2008, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º. 110, de 9 de junho de 2008.*

ÍNDICE

Lista de Abreviaturas e Siglas	3
1. Introdução e fundamentação do tema	5
2. Objetivos e execução	11
3. Sumário	13
3.1. Conteúdos programáticos da aula.....	13
3.2. Competências a adquirir.....	13
4. Considerações finais.....	15
5. Referências bibliográficas	17

Lista de Abreviaturas e Siglas

μm - Micrómetros

CH₂O – Formaldeído

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

OMS – Organização Mundial de Saúde

PM_{2,5} – Partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 2,5 micrómetros (μm)

QAI – Qualidade do ar interior

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

1. Introdução e fundamentação do tema

A boa qualidade do ar que respiramos é considerada um requisito básico para a saúde e para o bem-estar humano. E os efeitos são facilmente entendidos se nos lembrarmos que cada organismo humano precisa, diariamente, de 10 a 20m³ de ar respirável. No último século, para além das fontes emissoras naturais, com o começo da era industrial e o desenvolvimento da tecnologia, confirmou-se um apreciável incremento da poluição atmosférica antropogénica, com a quantidade de poluentes lançados na atmosfera a atingir os mais altos níveis, com concentrações que podem variar de centenas a milhões de toneladas por ano. A inclusão de diversas medidas preventivas sustentadas por amplas aprovações políticas internacionais, aplicadas e adotadas quer na indústria, quer na produção energética, quer nos transportes, quer nos próprios hábitos dos cidadãos, levou a um declínio da poluição atmosférica. No entanto, mantém-se como um considerável risco para a saúde, sendo responsável na Europa, em cada década, por centenas de milhares de mortes prematuras (WHO, 2021).

Não há dúvidas de que o presente e gradual paradigma de consumo tem consequências no ambiente que inevitavelmente se refletem na saúde humana. Mas se a contaminação atmosférica justifica legítimas apreensões, devemos recordar que a qualidade do ar interior (QAI) é um dos principais riscos ambientais para a saúde pública (Ghaffarianhoseini, *et al.*, 2018; Nunes, 2018). O nível de poluição do ar interior é muitas vezes superior ao do ar exterior, com concentrações que podem atingir valores duas a cinco vezes, eventualmente até cem vezes, mais que as observadas na envolvente dos edifícios. Os níveis de contaminação do ar interior adquirem maior pertinência quando se considera que as pessoas passam cerca de 80% a 90% do seu tempo em ambientes interiores (Ferreira, *et al.*, 2013; Mannan *et al.*, 2021).

Cada vez mais, a sociedade passa grande parte do seu dia em ambientes fechados, tornando estes níveis de contaminação de grande importância (Nunes, 2018). Facto agravado, em situação de pandemia mundial, devido ao surto causado pelo SARS-CoV-2. A população permaneceu muito mais tempo dentro dos edifícios devido ao período de isolamento social estipulado, estando, assim, mais exposta a eventuais poluentes do ar interior. A exposição prolongada a estes poluentes pode causar o aparecimento de um conjunto de sintomas, que se podem exacerbar à medida que a exposição se prolonga. Indivíduos com problemas respiratórios (por exemplo, asma ou doença pulmonar obstrutiva crónica) podem ser especialmente suscetíveis a esta exposição (Rufo & Ribeiro, 2019).

Durante os últimos anos, tem havido um interesse crescente em compreender a interação do ambiente construído e dos ocupantes humanos em termos de saúde e bem-estar. Se os ocupantes forem expostos a pobre QAI, esta pode afetar o desempenho, conforto e produtividade. As

condições existentes nos edifícios que as acolhem podem condicionar a prevalência de sintomas e patologias, respiratórias e alérgicas (Rufo & Ribeiro, 2019).

Importa realçar que a poluição interior contribuirá para a exposição humana global, que se poderá entender como uma combinação entre a exposição atmosférica local e os microambientes a que cada indivíduo está exposto, quer seja na escola, no local de trabalho, em espaços comerciais e, particularmente, na habitação, dado corresponder a um período de exposição que, em cada dia, pode ser muito apreciável. Para além da influência dos poluentes do ambiente exterior, como variadas fontes emissoras no interior dos edifícios, destaca-se o consumo de tabaco, a queima de combustíveis, os materiais usados na construção, no mobiliário, na decoração e na manutenção dos espaços, produtos usados pelos moradores, entre muitos outros (Sarafraz, *et al.*, 2018; Schieweck, *et al.*, 2018; Ito, *et al.*, 2018; Eleyowo & Amusa, 2019).

Muitos estudos referem associações fortes entre contaminação por poluentes em edifícios e problemas de saúde, nomeadamente, alérgicos, existindo um grande número de fatores ambientais no interior das habitações, para além dos alérgenos, como a humidade e a temperatura do ar, os compostos orgânicos voláteis (COV) e as partículas em suspensão que, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), têm significativos efeitos prejudiciais para a saúde humana (Ferreira, *et al.*, 2014; Huang, *et al.*, 2017; Amoatey, *et al.*, 2018; Cao, *et al.*, 2018; Rufo & Ribeiro, 2019; WHO, 2021).

São inúmeros os estudos que identificam relações entre a qualidade do ar interior e sinais, sintomas e doenças, nos ocupantes dos edifícios. Sakellaris, *et al.* (2021) realizaram um estudo onde avaliaram a associação entre os sintomas de saúde relatados pelos ocupantes do edifício e as concentrações de poluentes internos numa amostra de 148 escritórios, no âmbito do projeto de pesquisa europeu OFFICAIR. O estudo foi realizado em 37 edifícios de escritórios entre oito países e concluíram que os ocupantes de escritórios com concentrações mais altas de poluentes eram mais propensos a relatar sinais, sintomas e doenças, nomeadamente dores de cabeça, cansaço, irritação ocular, problemas de pele, sintomas respiratórios e cardíacos. Num estudo recente, de Azuma, *et al.* (2018), em que avaliaram a correlação entre a qualidade do ar interior e a perceção de saúde dos trabalhadores de um escritório, mostraram uma correlação significativa dos sintomas respiratórios com o aumento da concentração interna de partículas (especialmente as de tamanho $> 0,3 \mu\text{m}$), bem como com vários COV, nomeadamente o formaldeído (CH_2O).

Existem diversos estudos que afirmam que muitas doenças e também a morte (exposição a longo prazo), estão relacionadas com a inalação de poluentes do ar interior. A grande maioria dos poluentes do ar contribui para esses efeitos negativos na saúde humana devido à sua natureza particulada, especialmente quando o diâmetro das partículas tende a ser muito pequeno, pois podem alojar-se nos alvéolos pulmonares e rapidamente passar para a corrente sanguínea (Huang,

et al., 2017; Amoatey, *et al.*, 2018; Cao, *et al.*, 2018). Amoatey, *et al.*, (2018), identificaram no seu estudo, dois grupos de fontes de poluição: as atividades antropogénicas internas e o ar ambiente exterior, infiltrado ou usado para ventilação. Fontes internas típicas comuns referem-se às atividades dos ocupantes, como cozinhar (em particular fritar), perfurar, fumar, queimar incenso, aquecimento central, ar condicionado e queima de lenha para lareira. Nos locais de trabalho, as fontes internas dependem das características específicas das atividades relevantes que ocorrem (apenas) durante o horário de trabalho e dependem da utilização de vários equipamentos mecânicos e elétricos que causam emissões (Massey, *et al.*, 2016), e/ou o número de ocupantes e seu movimento causando ressuspensão das partículas (Saraga, *et al.*, 2011). A qualidade do ar exterior também pode afetar o ambiente interno do local de trabalho por meio da ventilação (Szigeti, *et al.*, 2014, 2016; Mihucz, *et al.*, 2015).

De acordo com Al Horr, *et al.* (2016) o conforto térmico desempenha um papel significativo na produtividade dos ocupantes de qualquer ambiente interno, e elevados graus de desconforto térmico podem resultar em perda de produtividade. Os resultados do estudo de Al Horr, *et al.*, (2016) indicaram que uma grande proporção (41%) dos entrevistados experimentou desconforto térmico devido à variação da temperatura ambiente durante o seu horário de trabalho. No estudo de Rupp, *et al.*, (2015) onde se procedeu à avaliação da relação entre as tarefas de escritório, temperatura e produtividade os resultados revelaram diferentes temperaturas ótimas, com um impacto do conforto térmico na produtividade individual do trabalhador. Estes estudos indicam que é importante dar a devida atenção às necessidades individuais, nomeadamente nos espaços onde estão a trabalhar várias pessoas em simultâneo, como nos espaços “*open space*”.

Altos teores de dióxido de carbono (CO₂) aparecem muitas vezes associados a altos teores de outros poluentes. Melhorar a QAI ajudará a proteger a saúde humana, reduzir o absentismo ao trabalho causada por doenças, e evitar perdas económicas causadas por tratamentos médicos e hospitalares. Vários estudos indicam que os poluentes do ar em edifícios mais comuns são, as partículas, o CH₂O, COV, CO₂, monóxido de carbono (CO), bactérias e fungos transportados pelo ar (Habil, *et al.*, 2016a, b; Mentese & Tasdibi, 2016, 2017; Mentese, 2017, 2018).

Os níveis de concentração de aldeídos, entre os quais o formaldeído, são, na maioria das vezes, superiores em ambientes interiores (duas a cinco, ocasionalmente, cem vezes) quando comparados com ambientes exteriores (Tian, *et al.*, 2018; Zhou, *et al.*, 2019), um facto com origem nas transformações introduzidas na construção dos edifícios, com o intuito de promoverem o seu isolamento e estanquicidade e, conseqüentemente, minimizar os consumos energéticos. Esta situação terá, inclusivamente, contribuído para que a Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos, tenha vindo a classificar os problemas de QAI entre os principais riscos para a saúde pública e, desde 1988, considerar o formaldeído como um dos principais poluentes do ar interior (Liu, *et al.*,

2019). Resultados conseguidos em 2008, por Bartzis, Canna-Michaelidou e Kotzias (no projeto BUMA - Prioritization of BUilding MAterials as indoor pollution sources), num estudo desenvolvido no espaço Europeu, com a finalidade de estabelecer uma base de dados referente aos principais poluentes emitidos pelos materiais de construção com potencial para influenciar a QAI, destacaram o formaldeído como um dos poluentes mais preocupantes, devido às concentrações verificadas em habitações terem sido elevadas e, frequentemente, ultrapassarem os valores limite. O formaldeído é classificado, desde 2006, como cancerígeno pela International Agency of Research on Cancer (IARC, 2006). O efeito mais evidente para a saúde apresentado é a ação irritante sobre os olhos e o aparelho respiratório superior. As concentrações de formaldeído em ambientes interiores são fortemente influenciadas pelas características dos edifícios, designadamente, pela ventilação, pelo revestimento e acabamentos usados e pela decoração; a estação do ano (considerando que o aumento da temperatura e a humidade fomentam a volatilização do formaldeído) e, também, as fontes de ar exterior (Salthammer, *et al.*, 2019).

Tahmasebi, *et al.*, (2021) no seu estudo mostrou que, com a mudança nos padrões de ocupação das residências após o surto de COVID-19, as concentrações internas de CO₂ podem aumentar significativamente. Dominguez-Amarillo, *et al.*, (2020), referem que no início da pandemia COVID-19, aquando do confinamento obrigatório, em Espanha, na cidade de Madrid, a qualidade do ar exterior da cidade melhorou, mas a exposição da população aos poluentes internos foi geralmente mais aguda e prolongada. Devido principalmente à preocupação com a economia de energia doméstica, a falta de ventilação adequada e o uso mais intensivo de produtos de limpeza e desinfetantes durante a pandemia COVID-19, os níveis de poluentes internos eram normalmente mais altos do que os compatíveis com ambientes saudáveis. A concentração média diária de Partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 2,5 micrómetros (μm) aumentou em aproximadamente 12% e a concentração média de COV entre 37% a 559%. Abouleish, (2021), refere que a deterioração da qualidade do ar interno pode resultar do atual requisito de isolamento doméstico que está em vigor para reduzir a propagação da COVID-19 e que tem um forte impacto na saúde humana. Mannan *et al.*, (2021), referem que a estrutura e/ou materiais de construção, acabamentos de superfície e atividade dos residentes em geral foram indicados como os principais motivos para a elevada concentração de COV nos edifícios. Da mesma forma, a concentração de partículas no exterior e/ou processo de construção próximo, tabaco, presença de carpete, movimento humano foram identificados para aumento no nível de partículas no interior.

É fundamental que, nos mais diversos edifícios, nomeadamente nas habitações e nos locais de trabalho, se procedam a melhorias estruturais e funcionais e se realizem monitorizações regulares para não expor os trabalhadores e os restantes ocupantes dos edifícios a situações de risco. É importante, também, melhorar os sistemas de renovação de ar, de modo a tornar esta renovação mais eficiente e eficaz. Deverá existir uma preocupação com uma adequada exposição solar, no

sentido de evitar o aparecimento de bolores e de humidade, bem como com a realização de ações de sensibilização, informação e formação a todos os trabalhadores para que estes alterem os seus comportamentos para outros mais saudáveis, nomeadamente, ventilando e arejando constantemente todos os espaços dos edifícios.

Existe a necessidade de um crescimento substancial da investigação nesta área de conhecimento, dado o relevante aumento de prevalência e gravidade de doenças que podem estar relacionadas com os agentes que influenciam a qualidade do ar interior.

A QAI deverá ser uma preocupação prioritária para o governo e para todos os profissionais que trabalham na área da Saúde Pública e da Segurança e Saúde do Trabalho. Tendo em consideração que o teletrabalho, muito provavelmente veio para ficar na vida de muitos profissionais, nomeadamente daqueles em que as funções o permitam, é necessário intensificar esforços no desenvolvimento de metodologias dos agentes condicionantes dos poluentes do ar que interferem na saúde humana, de forma a criar ferramentas eficazes no âmbito da saúde pública e segurança e saúde no trabalho, permitindo a elaboração de políticas na área da qualidade do ar interior.

É fundamental um planeamento estratégico em termos de ordenamento do território por forma a optar corretamente pelo local de implantação de um novo edifício, permitindo assim, serem estabelecidos programas de controle e prevenção das consequências para a saúde dos ocupantes destes ambientes.

A escolha do tema da aula, resulta assim da pertinência e atualidade que o mesmo se considera ter, associado ao facto do Técnico de Saúde Ambiental atuar no controlo sanitário do ambiente, cabendo-lhe detetar, identificar, analisar, prevenir e corrigir riscos ambientais e ocupacionais para a saúde, atuais ou potenciais, originados por fenómenos naturais ou antropogénicos. Pretende-se que os estudantes adquiram competências que lhe permitam avaliar criticamente a informação recolhida, sintetizando e integrando o conhecimento de forma coerente e comunicando de forma clara, precisa e assertiva, tendo em conta o meio sociocultural em que atua, devendo utilizar nos seus argumentos fundamentos técnicos e legais.

2. Objetivos e execução

Esta aula relacionada com a temática – Qualidade do ar interior, surge no âmbito da unidade curricular de Gestão da qualidade do ar, do Curso de Licenciatura em Saúde Ambiental, da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Politécnico de Coimbra. Pressupõe o domínio, por parte dos estudantes, de um conjunto de conhecimentos no âmbito da química, microbiologia do ambiente e saúde pública. Pretende-se, ao nível da unidade curricular, que os estudantes desenvolvam conhecimentos teóricos e competências práticas no âmbito da Gestão da qualidade do ar, reforçando a sua importância para a promoção da saúde e proteção do ambiente.

A abordagem da qualidade do ar interior visa enquadrar os conteúdos fundamentais relativos ao tema central da unidade curricular - Gestão da qualidade do ar.

No desenvolvimento da aula, será seguido o sumário apresentado. Será disponibilizada, antecipadamente, a bibliografia. Os conteúdos serão abordados com recurso ao método expositivo, expondo casos práticos, desafiando os estudantes à reflexão e à interação em sala de aula com vista à promoção do sentido crítico e à potenciação das suas características individuais.

A avaliação da aprendizagem será concluída através de um teste escrito.

3. Sumário

A qualidade do ar interior como determinante para a saúde dos ocupantes, com influência no bem-estar, na produtividade e na segurança do indivíduo ou do grupo. Identificação dos parâmetros químicos, biológicos e físicos que caracterizam os espaços interiores e as suas possíveis fontes de origem. Metodologias de avaliação adequadas e medidas preventivas e corretivas de melhoria da qualidade do ar interior.

3.1. Conteúdos programáticos da aula

- 3.1.1 Introdução à qualidade do ar interior:
 - 3.1.1.1 Importância da qualidade do ar interior;
 - 3.1.1.2 Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos;
 - 3.1.1.3 Fontes de contaminação;
 - 3.1.1.4 Ventilação natural e artificial;
 - 3.1.1.5 Impacte da poluição do ar na saúde:
 - 3.1.1.5.1 Síndrome do edifício doente;
 - 3.1.1.5.2 Doenças relacionadas com o edifício.
- 3.1.2 Legislação Portuguesa aplicável à qualidade do ar interior;
- 3.1.3 Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior;
- 3.1.4 Medidas preventivas e corretivas de melhoria da qualidade do ar interior.

3.2. Competências a adquirir

- Reconhecer a qualidade do ar interior como um problema de saúde pública atual e pertinente;
- Identificar os poluentes do ar interior;
- Identificar as principais doenças, sinais e sintomas associados aos principais poluentes do ar interior;
- Reconhecer a síndrome do edifício doente e doenças relacionadas com o edifício;
- Saber analisar e interpretar a legislação referente à qualidade do ar interior;
- Saber aplicar a metodologia de avaliação da qualidade do ar interior;
- Identificar medidas para a eliminação ou minimização do impacte dos poluentes na saúde humana e no desempenho de atividades.

4. Considerações finais

A proteção da saúde envolve a implementação de estratégias como a ventilação e o controlo das fontes, que devem ser aplicadas em conjunto. Evitar o uso de produtos ou materiais poluentes e substituí-los por congéneres de mais baixa emissão é uma opção que deve ser colocada em prática. Sensibilizar, educar e informar as pessoas para este tema é fundamental. Mas não basta deixar ao consumidor a responsabilidade de fazer essa seleção, numa sociedade em que habitualmente um material mais poluente é também mais barato.

A grande dificuldade na identificação dos produtos menos poluentes através da leitura dos rótulos é outro dos principais entraves ao consumo consciente por parte da população em geral. Nesse sentido, a influência dos estados seria determinante para aumentar a literacia nesta área. É por isso fundamental dar conhecimentos e competências a diversos profissionais da saúde, nomeadamente ao Técnico de Saúde Ambiental, mas também a outros, para que contribuam para a diminuição da exposição ao risco, nomeadamente o relacionado com a poluição do ar, quer através da educação ambiental, quer na implementação de medidas preventivas e corretivas de melhoria da qualidade do ar no interior dos edifícios.

Em Portugal, assistiu-se a um retrocesso legislativo no que respeita à QAI. Se em 2006 com a legislação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) foi um exemplo, elogiado a nível internacional, ao juntar a QAI à Diretiva Europeia relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, em 2013 deixou cair a obrigatoriedade das auditorias de QAI, desresponsabilizando-se sobre o que acontece dentro dos edifícios. E com a publicação da Portaria nº 138-G/2021, de 1 de julho, esta não obrigatoriedade de auditorias da QAI manteve-se.

No período excecional que atravessamos, é imperativo reforçar a importância da Qualidade do Ar Interior, envolvendo todos os intervenientes com um papel ativo no rumo da saúde das populações.

5. Referências bibliográficas

- Abouleish, M. Y. Z. (2021). Indoor air quality and COVID-19. *Public Health* 191 (2021) 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.04.047>.
- Al Horr, Y., Mohammed, A., Kafatygiotou, M., Mazroei, A., Kaushik, A., Elsarrag, E. (2016). Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *International Journal of Sustainable Built Environment* (2016) 5, 1-11.
- Amoatey P., Omidvarborna H., Baawain M.S., Al-Mamun A. (2018). Indoor air pollution and exposure assessment of the gulf cooperation council countries: a critical review. *Environ Int* 121:491–506.
- Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. (2018). Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Sci Total Environ.* 2018; 616–617:1649-1655.
- Cao Q., Rui G., Liang Y. (2018). Study on PM_{2.5} pollution and the mortality due to lung cancer in China based on geographic weighted regression model *BMC. Public Health* 18(1): 925.
- Dominguez-Amarillo, S., Fernández-Aguera, J., Cesteros-Garcia, S., González-Lezcano, R. A. (2020). Bad air also kill: residential indoor air quality and pollutant exposure risk during the COVID-19 crisis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, 17, 7183; doi:10.3390/ijerph17197183.
- Eleyowo, O. O., & Amusa, O. D. (2019). Evaluation of air condition use and its health effects. *Recent Adv. Biol. Med*, 5, 1. <https://doi.org/10.18639/rabm.2019.858317>.
- Ferreira, A. & Cardoso, S. M. (2014). Effects of indoor air quality on respiratory function of children in the 1st cycle of basic education of Coimbra, Portugal. *Occupational Safety and Hygiene II – Selected Extended and Revised Contributions from the international Symposium Occupational safety and Hygiene, SHO 2014*, 2014, pp. 347-350. eBook ISBN: 9780429227349. DOI: 10.1201/b16490-62.
- Ferreira, A. M. C. & Cardoso, S. M. (2013). Exploratory study of air quality in elementary schools, Coimbra, Portugal. *Revista de Saúde Pública* 2013 Dec; 47(6):1059-68. DOI:10.1590/S0034-8910.2013047004810.
- Ghaffarianhoseini A., AlWaer H., Omrany H., *et al.* (2018). Sick building syndrome: are we doing enough? *Archit Sci Rev.* 2018; 61(3): 99-121.
- Habil, M., Massey, D., Taneja, A. (2016 a) Particles in different indoor microenvironments- its implications on occupants. *Build. Environ.* 106, 237–244.
- Habil, M., Massey, D., Taneja, A. (2016 b). Personal and ambient PM_{2.5} exposure assessment in the city of Agra. *Data Brief* 6, 495–502.
- Huang F., Bing P., Wu J., Chen E., Chen L. (2017). Relationship between exposure to PM_{2.5} and lung cancer incidence and mortality: a meta-analysis. *Oncotarget* 8(26):43322–43331.
- Ito, K., Lane, K., & Olson, C. (2018). Equitable access to air conditioning: A city health department’s perspective on preventing heat-related deaths. *Epidemiology*, 29, 749–752. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000912>.

- Liu, C., Miao, X., Li, J. (2019). Outdoor formaldehyde matters and substantially impacts indoor formaldehyde concentrations. *Building and Environment* 158, 2019. 145-150.
- Mannan, M. & Al-Ghamdi, S., (2021). Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 3276. DOI: 10.3390/ijerph18063276.
- Massey, D., Habil, M., Taneja, A. (2016). Particles in different microenvironments-its implications on occupants. *Build Environ* 106:237–244.
- Mentese, S., Cotuker, O., Selcuk, B., (2018). Indoor air quality of a cafeteria with a rotor turbine ventilator (RTV) and cross-correlations between indoor air pollutants, occupancy rate, and meteorological parameters. *Environ. Eng. Manag. J* 17 (9), 2051–2059.
- Mentese, S., Otkun, M.T., Palaz, E., (2017). Comparison of dichloran rose bengal chloramphenicol and sabouraud dextrose with cycloheximide and chloramphenicol for airborne mold sampling. *Aerobiologia* 33 (2), 211–219.
- Mentese, S., Tasdibi, D., (2016). Airborne bacteria levels in indoor urban environments: the influence of season and prevalence of sick building syndrome (SBS). *Indoor Built Environ.* 25, 563–580.
- Mentese, S., Tasdibi, D., (2017). Assessment of residential exposure to volatile organic compounds (VOCs) and carbon dioxide (CO₂). *Global NEST J.* 19 (4), 726–732.
- Mihucz, V.G.; Szigeti, T.; Dunster, C.; Giannoni, M.; Kluzenaar, Y.; Cattaneo, A.; Mandin, C.; Bartzis, J.G.; Lucarelli, F.; Kelly, F.J.; Zárny, G. (2015). An integrated approach for the chemical characterization and oxidative potential assessment of indoor PM_{2.5}. *Microchem J* 119:22–29.
- Nunes, D. (2018). Avaliação da Qualidade do Ar em Ginásios e a Exposição Humana a Poluentes Atmosféricos. 183.
- Portaria n.º 138-G/2021 de 1 de julho (2021). Estabelece os requisitos para a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços, incluindo os limiares de proteção, condições de referência e critérios de conformidade, e a respetiva metodologia para a medição dos poluentes e para a fiscalização do cumprimento das normas aprovadas. *Diário da República n.º 126 – I Série*. Secretaria de Estado da Saúde e Ambiente e Ação Climática. Lisboa, Portugal.
- Rufo, J. C., & Ribeiro, A. I. (2019). Da emergência de um novo vírus humano à disseminação global de uma nova doença - Doença por Coronavírus 2019 (COVID-19). *Covid-19 e a necessidade de assegurar a qualidade do ar interior*. 1-10.
- Rupp, R.F., Vásquez, N.G., Lamberts, R. (2015). A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy Build.* 2015, 105, 178–205. [CrossRef].
- Sakellaris, I., Saraga, D., Mandin, C., Kluzenaar, Y., Fossati, S., Spinazze, A., Cattaneo, A., Mihucz V., Szigeti, T., Fernandes, E. O., Kalimeri, K., Mabilia, R., Carrer, P., Bartzis, J. (2021). Association of subjective health symptoms with indoor air quality in European office buildings: The OFFICAIR project. *Indoor Air*. 2021; 31: 426-439.
- Salthammer, T. (2019). Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings. *Building and Environment* 150, 2019, 219-232.
- Sarafraz, M., Sadani, M., Teimouri, F. (2018). Indoor Aerosols: A Serious Threat for Human Health. *J. Environ. Health Sustain. Dev.* 2018, 3, 488–491.

- Saraga, D.E., Pateraki, S., Papadopoulos, A., Vasilakos, C., Maggos, T. (2011). Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: a museum, a printery industry and an office. *Build Environ* 46(11):2333–2341.
- Schieweck, A.; Uhde, E.; Salthammer, T.; Salthammer, L.C.; Morawska, L.; Mazaheri, M.; Kumar, P. (2018). Smart homes and the control of indoor air quality. *Renew. Sustain. Energ. Rev.* 2018, 94, 705–718. [CrossRef].
- Szigeti, T., Dunster, C., Cattaneo, A., Cavallo, D., Spinazzè, A., Saraga, D.E., Sakellaris, I.A., Kluzenaar, Y., Cornelissen, E.J., Hänninen, O., Peltonen, M., Calzolari, G., Lucarelli, F., Mandin, C., Bartzis, J.G., Záray, G., Kelly, F.J. (2016) Oxidative potential and chemical composition of PM_{2.5} in office buildings across Europe—the OFFICAIR study. *Environ Int* 92–93:324–333.
- Szigeti, T., Kertész, Z., Dunster, C., Kelly, F.J., Záray, G., Mihucz, V.G. (2014) Exposure to PM_{2.5} in modern office buildings through elemental characterization and oxidative potential. *Atmos Environ* 94:44–52.
- Tahmasebi, F., Wang, Y., Cooper, E., Shimizu, D. G., Stamp, S., Mumovic, D. (2021). Window operation behaviour and indoor air quality during lockdown: A monitoring-based simulation-assisted study in London. *Journal of Building Services Engineering Research and Technology* 1-17. DOI: 10.1177/01436244211017786.
- Tian, E. Z.; Mo, J. H.; Long, Z. W.; Luo, H. Y.; Zhang, Y. P. (2018). Experimental study of a compact electrostatically assisted air coarse filter polarizig. *Build Environ.* 135. 2018, 153-161.
- Who (2021). Who global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN: 978-92-4-003422-8 (eletronic version); ISBN: 978-92-4-003421-1 (print version).
- Zhou, X., Liu, Y., Song, C., Wang, X., Liu, J. (2019). A novel method to determine the formaldehyde emission characteristic parameters of building materials at multiple temperatures. *Build Environ.* 149, 2019, 436-445.