



Contaminação de superfícies por fungos em habitação: um risco para a saúde

Fungal contamination of surfaces in housing: a health risk

Cláudia Júlio¹, Nuno Rosa¹, Cristina Almeida¹, Aida Pais¹, Manuela Cano¹

claudia.julio@insa.min-saude.pt

(1) Unidade de Ar e Saúde Ocupacional. Departamento de Saúde Ambiental, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Lisboa, Portugal

_Resumo

Existe suficiente evidência epidemiológica de que os ocupantes de edifícios com problemas de humidade excessiva e contaminação de superfícies por fungos, têm um risco acrescido de desenvolver sintomas respiratórios, infeções respiratórias e de exacerbar crises de asma.

O objetivo deste estudo é evidenciar que a existência de fungos em superfícies está relacionada com o aumento da concentração de esporos suspensos no ar e que as espécies isoladas são semelhantes.

Foram colhidas amostras de ar e de superfícies no interior de uma habitação onde se observou o desenvolvimento visível de bolor nas paredes.

Os resultados revelaram que as concentrações de fungos obtidas no interior da habitação, são no mínimo, 8 vezes superiores às do Exterior, tomadas como referência. Foi detetada a presença espécies de fungos com potencial patogénico, constituindo 46% das colónias isoladas no interior. Somos levados a concluir que os esporos fúngicos encontrados no ar interior têm origem nas superfícies contaminadas em virtude do excesso de água. O ambiente interior é um importante determinante de saúde para os ocupantes, pelo que é urgente identificar, mitigar e prevenir situações de humidade persistente que potenciam o crescimento microbiano em superfícies.

_Abstract

There is sufficient epidemiological evidence that buildings occupants with problems of excessive humidity and surface contamination by fungi have an increased risk of developing respiratory symptoms, respiratory infections and exacerbating asthma attacks.

The aim of this study is to show that the existence of fungi on surfaces is related to an increase in the concentration of airborne spores and that the species isolated are similar.

Air and surface samples were taken inside the house where visible mould growth was observed on the walls.

Results showed that the mould concentrations obtained inside the house were at least 8 times higher than those outside, taken as a reference. The presence of fungal species with pathogenic potential accounted for 46% of the colonies isolated inside.

We're led to conclude that the fungal spores found in indoor air originate from surfaces contaminated by excess water. The indoor environment is an important determinant of health for occupants, so there is an urgent need to identify, mitigate and prevent situations of persistent humidity that enhance microbial growth on surfaces.

_Introdução

O conceito de qualidade do ambiente interior é bastante complexo e abrangente, dependendo de um grande número de fatores, tais como: a temperatura, a humidade relativa, a velocidade do ar, a existência de odores, a concentração de microrganismos ou partículas em suspensão no ar, o nível de ruído, a iluminação, entre outros ⁽¹⁾. A qualidade do ar interior é um fator determinante da nossa qualidade de vida, uma vez que passamos 80-95 % das nossas vidas em ambientes fechados ⁽²⁾ e que todos os dias respiramos cerca de 10m³ de ar.

Os fungos vivem no solo, nas plantas e na matéria orgânica em decomposição, tendo no exterior um papel crucial na decomposição dos resíduos vegetais, dos quais retiram as necessárias fontes de carbono orgânico para se propagarem. O ar que respiramos, quando comparado com o solo ou a água é muito mais pobre do ponto de vista micológico, no entanto a proximidade e interação com os fungos atmosféricos é muito estreita ⁽³⁾.

A presença de fungos em todas as atmosferas é bem conhecida desde o início do século XX, no entanto, à data, os métodos de amostragem não permitiam a avaliação rigorosa das populações de fungos no ar ⁽³⁾.

Inicialmente, foi considerado que os fungos existiam no ar apenas como esporos (individuais ou aglomerados) ou hifas, ignorando-se a possível existência de compostos orgânicos voláteis (COV) de origem microbiana, com capacidade de penetrar profundamente no trato respiratório. Foi confirmada, igualmente, a produção de micotoxinas por vários fungos, em plantas e alimentos armazenados e o seu envolvimento em intoxicações graves em seres humanos e animais de



criação, mas desconhecia-se que estas mesmas espécies tinham potencial para produzir micotoxinas em ambientes interiores (3,4).

Estudos realizados nas décadas de 1960 a 1990 sobre a microflora da atmosfera demonstraram claramente a omnipresença dos fungos em todos os tipos, exteriores e interiores, rurais e urbanos, domésticos e relacionados com a exposição profissional. Existem, no entanto, diferenças apreciáveis entre a microflora destas diferentes atmosferas, sendo o clima e as atividades humanas os fatores determinantes do aparecimento dos fungos (3).

Em residências e edifícios não problemáticos, ou seja, sem problemas de humidade, a maioria dos fungos presentes no interior provém de fontes exteriores (6,7). A concentração de fungos no interior é, em geral, menor do que no exterior (7). *Cladosporium* é o fungo dominante, seguido por *Penicillium*, *Aspergillus*, leveduras e Micélio estéril (4,5,8,9). A fração de *Penicillium* e de *Aspergillus* é maior em ambientes fechados do que em ambientes exteriores, devido à xerofilia desses fungos. Na verdade, muitas das espécies destes dois géneros são capazes de crescer em substratos com reduzido teor de água ($aW < 0,80$) e, portanto, podem proliferar em ambientes fechados, crescendo em superfícies de materiais de construção/decoração com matéria orgânica disponível (5,10,11).

Existe suficiente evidência epidemiológica de que os ocupantes de edifícios com problemas de humidade excessiva e contaminação de superfícies por fungos têm um risco acrescido de desenvolver sintomas respiratórios, infeções respiratórias e de exacerbar crises de asma. No interior de edifícios, a relativa abundância de diferentes espécies de fungos tende a seguir o padrão exterior, embora em concentrações inferiores. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a existência de crescimento visível de bolores em superfícies é uma forte evidência da exposição humana a estes agentes (12).

Por outro lado, a OMS estima que a poluição atmosférica no interior de edifícios é responsável por cerca de 4,3 milhões de mortes prematuras anualmente e por 110 milhões de anos de vida perdidos por incapacidade (13). Esta exposição, em grande parte evitável, foi listada pela Avaliação Comparativa de Riscos para a Carga Global de Doenças de 2010, como o

terceiro principal fator de risco de morbilidade e mortalidade em todo o mundo, representando cerca de 4,5% da carga global de doenças (14).

Em Portugal, as condições de referência para os fungos no ar interior são as estabelecidas no anexo I da Portaria nº138-G/202, de 1 de julho. As concentrações de fungos no interior devem ser inferiores às verificadas no exterior. Nas situações de não cumprimento a avaliação dos resultados deve tomar em consideração o disposto no ponto 3 do artigo 5º da Portaria nº 138-G/2021, de 1 de julho, nomeadamente: (i) deverá verificar-se a ausência de crescimento visível de fungos em qualquer superfície e o cumprimento das condições específicas estabelecidas na tabela IV da referida Portaria; (ii) as concentrações de misturas de espécies de fungos comuns não deverão exceder as 500 UFC/m³; (iii) as concentrações de misturas de fungos pouco comuns não devem exceder as 150 UFC/m³ e cada uma dessas espécies não deverá exceder as 50 UFC/m³; (iv) as concentrações de cada espécie toxigénica não deve exceder as 12 UFC/m³ e não devem ser isoladas espécies patogénicas (15).

_Objetivo

O objetivo deste estudo é evidenciar que a existência de fungos em superfícies está relacionada com o aumento da concentração de esporos suspensos no ar e que as espécies isoladas são semelhantes.

_Materiais e métodos

Foram colhidas amostras de superfícies e de ar no exterior (referência) e no interior de uma habitação T2, situada no piso térreo, onde, na sequência de uma rutura de canalização de águas residuais, se observou o desenvolvimento visível de bolor nas paredes, em novembro de 2022 (figura 1-3).

Figura 1: Exterior do edifício.



Figura 2: Quarto.



Figura 3: Escritório.



A amostragem de fungos viáveis no ar, foi realizada em duplicado de acordo com a norma EN13098:2019, utilizando o amostrador por impacto MAS-100 (MBV, Switzerland), ajustado para um caudal de 100 l/min com um anemómetro DA100 previamente calibrado. O meio de cultura utilizado como matriz de colheita foi o “Malt Extract Agar” com cloranfenicol e as placas utilizadas na colheita de fungos foram posteriormente incubadas em estufa a $25 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 3-5 dias, seguindo-se a contagem e identificação das colónias isoladas.

A amostragem para identificação de fungos cultiváveis nas superfícies efetuou-se utilizando placas Count-Tact™ agar, com 55 mm de diâmetro (área de 25 cm^2) e respetivo aplicador Count-Tact®, ambos da bioMérieux. Foram igualmente efetuadas amostragens utilizando zaragatoas estéreis posteriormente semeadas em meio de “Malt Extract Agar” com cloranfenicol.

Para identificação dos fungos filamentosos, obtidos em cultura, utilizam-se técnicas macro e microscópicas descritas nos manuais da especialidade (16).

Resultados e discussão

As concentrações totais de fungos obtidas no ar interior da habitação, quarto e escritório, foram superiores a 10512 UFC/m^3 ultrapassando as concentrações do exterior de 1356 UFC/m^3 (gráfico 1).

Foram encontradas 17 estirpes (7 espécies e 10 géneros) no interior, incluindo no ar e nas superfícies e 13 (3 espécies e 10 géneros) no exterior (gráficos 2-4). Por outro lado, foram encontradas no interior da habitação espécies que não estavam presentes no ar exterior (referência).

Gráfico 1: ▾ Concentrações de espécies de fungos filamentosos no ar (UFC/m³).

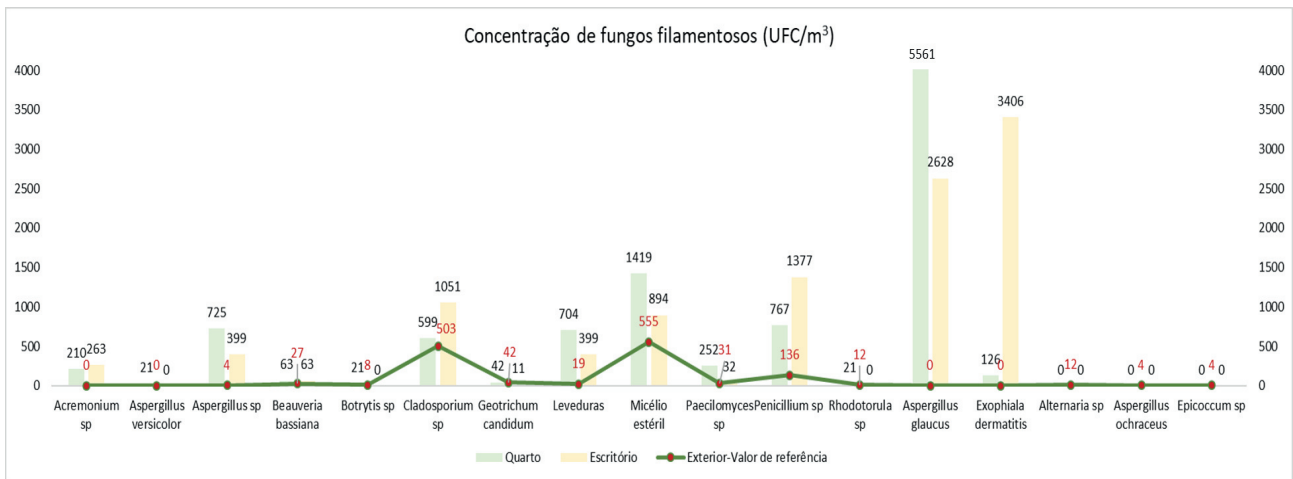
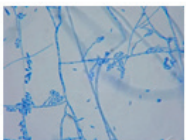
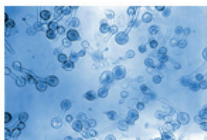


Gráfico 2: ▾ Concentração de fungos filamentosos no ar (UFC/m³) e nas superfícies do quarto.

Parede do quarto (zaragatoa)

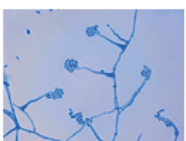


Fusarium sp

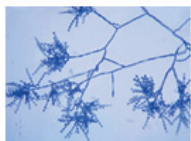


Coniobolus coronatus

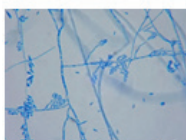
Parede do quarto (placa de contacto)



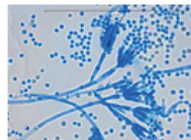
Acremonium sp



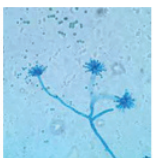
Cladosporium



Fusarium sp



Leveduras



Aspergillus glaucus

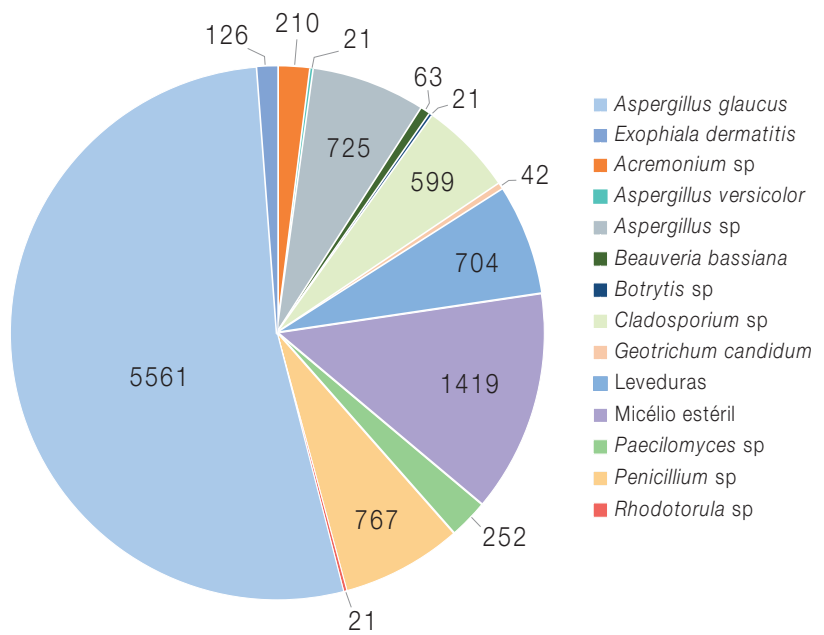
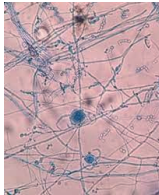


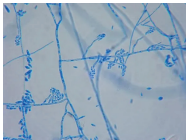
Gráfico 3: Concentração de fungos filamentosos no ar (UFC/m³) e nas superfícies do escritório.

Parede do escritório (zaragatoa)

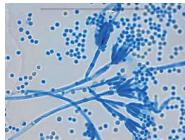


Monascus ruber

Parede do escritório (placa de contacto)



Fusarium sp



Leveduras

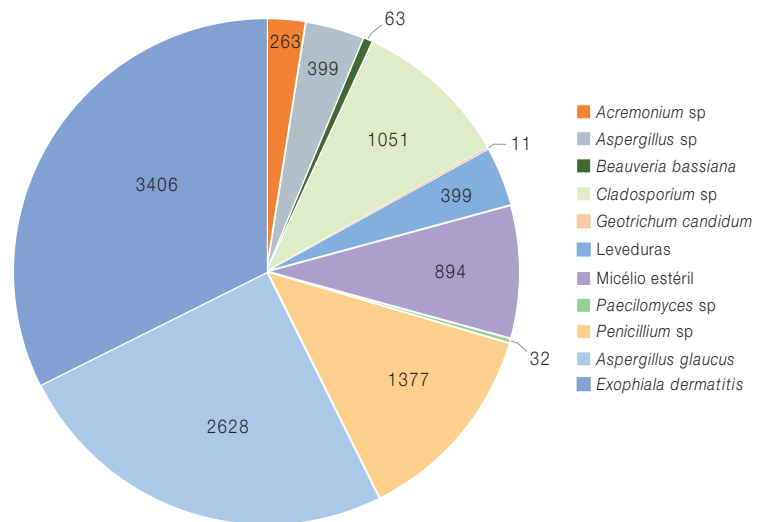
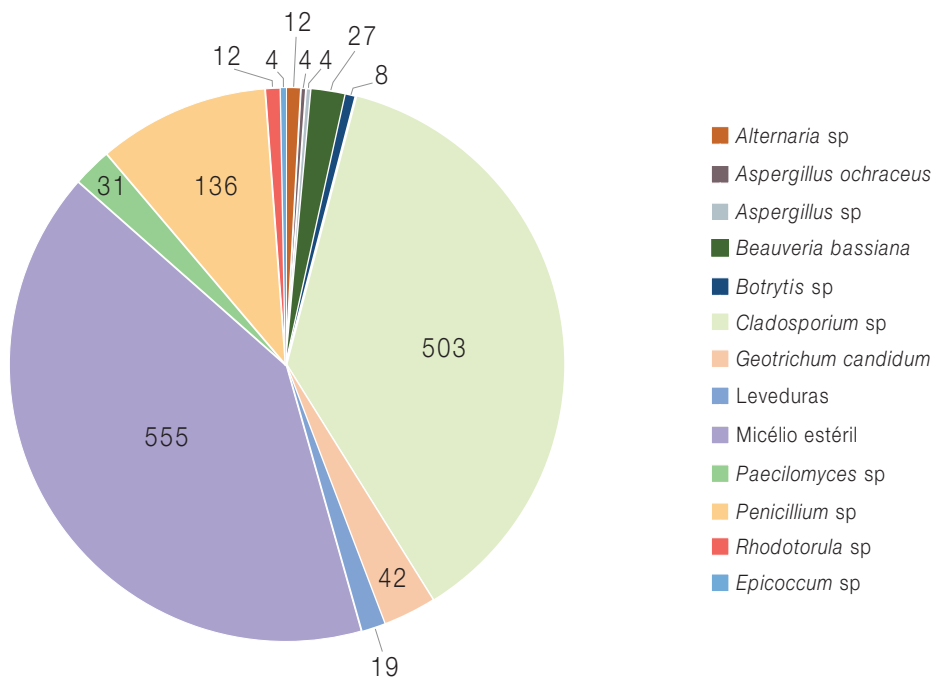


Gráfico 4: Concentração de fungos filamentosos no ar exterior (UFC/m³).





Os resultados revelaram que as concentrações de fungos obtidas no interior da habitação são, no mínimo, 8 vezes superiores às do exterior, tomadas como referência. Das colónias isoladas no interior 46% têm potencial patogénico.

A presença de espécies como *Aspergillus glaucus*, *Exophiala dermatitidis*, *Conidiobolus coronatus*, apenas presentes nas amostras do interior (ar e/ou superfícies), aumentam o risco de desenvolvimento de doença por parte dos habitantes, dado o seu potencial patogénico (17,18).

As estirpes de *Aspergillus glaucus* podem produzir micotoxinas com efeitos nefastos para a saúde dos indivíduos expostos não devendo, no interior, exceder as 12 UFC/m³ (fungos toxogénicos), contudo esta espécie foi encontrada nas paredes do quarto e os valores presentes no ar interior no quarto e no escritório foram, respetivamente, 5561 UFC/m³ e 2628 UFC/m³.

Conidiobolus coronatus, encontrado nas paredes do quarto, é um fungo saprófita, comum na matéria orgânica em decomposição no solo de florestas tropicais. As infeções humanas descritas são restritas à zona rinofacial, no entanto, há registos ocasionais de disseminação para outras áreas do corpo (17). Não foi possível quantificar esta espécie porque o seu isolamento foi efetuado por zaragatoa.

Exophiala dermatitidis é um fungo patogénico oportunista, dando origem *phaeohyphomycose*, sistémica, da pele, ocular ou cerebral. Está igualmente descrita a colonização pulmonar em doentes portadores de fibrose quística (18). Os valores presentes no ar interior no quarto e no escritório foram, respetivamente, 126 UFC/m³ e 3406 UFC/m³.

A maioria dos fungos, além das suas reconhecidas propriedades alergénicas, produzem compostos orgânicos voláteis microbianos (odor a mofo) e micotoxinas, com efeitos muito diversos na saúde, que vão desde queixas de irritação das vias respiratórias, a problemas respiratórios mais graves, como o exacerbar de crises de asma, disfunções nos sistemas imunitário, respiratório e/ou sistema nervoso central.

De acordo com a Portaria n.º 138-G/2021, de 1 de julho, o crescimento visível de fungos em qualquer superfície interior constitui uma situação não conforme, que coloca riscos a

saúde dos ocupantes e deverá ser corrigida (15). Quanto às concentrações de fungos cultiváveis no interior da habitação, verifica-se que as mesmas excedem em muito os níveis do exterior. Os fungos em suspensão no ar têm como origem provável as superfícies, onde existe água disponível em quantidade, favorecendo a sua multiplicação. No presente estudo, além do fungo toxogénico *Aspergillus glaucus*, foram igualmente isolados os fungos patogénicos *Exophiala dermatitidis* e *Conidiobolus coronatus*.

_Conclusões

O ar interior é um importante determinante de saúde para os ocupantes, pelo que é urgente identificar, mitigar e prevenir situações de humidade persistente, associada à disponibilidade de matéria orgânica, que potenciam o crescimento microbiano em superfícies. Somos levados a concluir que os esporos fúngicos encontrados no ar interior têm origem nas superfícies contaminadas em virtude do excesso de água, constituindo um risco para a saúde dos habitantes.

Salienta-se, ainda, que a deteção de odor a mofo no interior deve levar à investigação do ambiente para identificar a origem da contaminação, bem como os fatores que a determinam. Qualquer intervenção de mitigação deverá ser levada a cabo utilizando o adequado equipamento de proteção individual, por forma a evitar a exposição a fungos e/ou produtos do seu metabolismo com efeitos nefastos na saúde.

Referências bibliográficas:

- (1) Pinto M, Freitas VP, Viegas J. Qualidade do Ambiente Interior em Edifícios de Habitação. Engenharia e Vida. 2007 set;38:34-43. <http://hdl.handle.net/10400.19/549>
- (2) Dacarro C, Picco AM, Grisoli P, et al. Determination of aerial microbiological contamination in scholastic sports environments. J Appl Microbiol. 2003;95(5):904-12. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02044.x>
- (3) Cabral JP. Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. Sci Total Environ. 2010 Sep 15;408(20):4285-95. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.005>
- (4) U. S. Environmental Protection Agency. Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings (EPA 402-K-01-001 March 2001, reprint EPA 402-K-01-001 September 2008). <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/moldremediation.pdf>
- (5) Macher J (ed.). Bioaerosols: Assessment and Control. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1999.
- (6) Flannigan B. Air sampling for fungi in indoor environments. J Aerosol Sci. 1997;28(3):381-92. [https://doi.org/10.1016/S0021-8502\(96\)00441-7](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(96)00441-7)



artigos breves_ n. 9

- (7) Horner WE, Worthan AG, Morey PR. Air- and dustborne mycoflora in houses free of water damage and fungal growth. *Appl Environ Microbiol.* 2004 Nov;70(11):6394-400. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.11.6394-6400.2004>
- (8) Ebner MR, Haselwandter K, Frank A. Seasonal fluctuations of airborne fungal allergens. *Mycol Res.* 1989;92(2):170-6. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(89\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(89)80008-5)
- (9) Ebner MR, Haselwandter K, Frank A. Indoor and outdoor incidence of airborne fungal allergens at low and high-altitude alpine environments. *Mycol Res.* 1992;96(2):117-24. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80924-6](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80924-6)
- (10) Pasanen AL, Heinonen-Tanski H, Kalliokoski P, et al. Fungal microcolonies on indoor surfaces—an explanation for the base-level fungal spore counts in indoor air. *Atm Environ.* 1992;26B:117-20. [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(92\)90043-R](https://doi.org/10.1016/0957-1272(92)90043-R)
- (11) European Collaborative Action, Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Biological particles in indoor environments (Report No. 12). Luxembourg: Commission of the European Communities, 1993. https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Inive/ECA/ECA_Report12.pdf
- (12) WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2009. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/164348/9789289041683-eng.pdf?sequence=1>
- (13) World Health Organization. Air pollution [online]. [consult. 15/12/2019]. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- (14) Sood A, Assad NA, Barnes PJ, et al. ERS/ATS workshop report on respiratory health effects of household air pollution. *Eur Respir J.* 2018 Jan 4;51(1):1700698. <https://doi.org/10.1183/13993003.00698-2017>
- (15) Portaria n.º 138-G/2021. DR n.º 126, 2021-07-01, Série I (2.º Supl.):2-6. 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. <https://diariodarepublica.pt/-dr/detalhe/portaria/138-g-2021-166296490>
- (16) Samson RA, Houbraeken J, Thrane U, et al. Food and indoor fungi: Second Edition. 2nd ed. Utrecht, The Netherlands: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2010. (C B S Laboratory Manual Series; No. 2).
- (17) Vilela R, Mendoza L. Human Pathogenic Entomophthorales. *Clin Microbiol Rev.* 2018 Aug 29;31(4):e00014-18. <https://doi.org/10.1128/CMR.00014-18>
- (18) Homa M, Manikandan P, Saravanan V, et al. Exophiala dermatitidis Endophthalmitis: Case Report and Literature Review. *Mycopathologia.* 2018 Jun;183(3):603-09. <https://doi.org/10.1007/s11046-017-0235-4>