

Avaliação da qualidade do ar interior em lares de idosos, 2013- 2014: projeto GERIA

Assessment of indoor air quality in elderly care centers, 2013-2014: GERIA project

Manuela Cano¹, Susana Nogueira², Marta Alves⁴, Ana Luísa Papoila^{3,4}, Fátima Aguiar¹, Nuno Rosa¹, Maria Clementina Brás¹, Maria do Carmo Quintas¹, Hermínia Pinhal¹, Ana Nogueira¹, Carmo Proença¹, João Paulo Teixeira¹

manuela.cano@insa.min-saude.pt

(1) Departamento de Saúde Ambiental, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Lisboa, Portugal

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

(3) Departamento de Bioestatística e Informática, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal

(4) Centro de Investigação do Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisboa, Portugal

_Resumo

O risco da população idosa desenvolver efeitos adversos em virtude da exposição a contaminantes químicos e microbiológicos do ar interior é mais elevado tanto pelo facto do seu sistema imunitário ser mais débil, como por este grupo etário permanecer no interior de edifícios por períodos mais longos. O objetivo deste estudo foi a caracterização da qualidade do ar interior numa amostra representativa de lares de idosos de modo a estudar a sua relação com a ventilação dos locais e a saúde/qualidade de vida dos utentes. O estudo apresentado incidu sobre a avaliação da qualidade do ar interior em 18 lares de idosos situados em Lisboa (116 locais avaliados), em duas campanhas, uma no inverno e outra na primavera/verão e incluiu a avaliação de contaminação do ar por agentes químicos - dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), formaldeído (HCHO), compostos orgânicos voláteis totais (COVT), PM₁₀ e PM_{2,5}; por agentes microbiológicos - bactérias e fungos. Os resultados indicam que, de um modo geral a contaminação do ar por compostos orgânicos voláteis totais e formaldeído é baixa. Contudo, os valores de referência são excedidos para o dióxido de carbono, microrganismos e as partículas em 20%, 35% e 25-30% dos locais estudados respetivamente. Assim, há que identificar as fontes de contaminação do ar por partículas por forma e reduzir os efeitos adversos associados à exposição e melhorar a ventilação dos lares, particularmente no inverno, por forma a conseguir ambientes interiores mais saudáveis.

_Abstract

Elderly people are at a greater risk for adverse health effects from exposure to indoor air pollutants because their immune system become less effective with age and they stay more than 80% of their time indoors. The aim of this study was to characterize indoor air quality in a representative sample of Elderly Care Centers (ECC) in order to associate it with ventilation, health and comfort. Indoor air quality was performed twice, during winter and summer/spring in 18 ECC located in Lisbon and included the monitoring of chemical agents - carbon dioxide, carbon monoxide, formaldehyde, Total Volatile Organic Compounds (TVOC) and Particulate matter (PM₁₀ and PM_{2,5}) and biological agents - bacteria and fungi. The results obtained for TVOC and formaldehyde indicate a low air contamination. However, reference concentrations of dioxide of carbon, particulate matter and microorganisms were exceeded in 20%, 25-30% and 35% of the rooms respectively. Consequently it is necessary to identify particulate matter contamination sources to reduce related adverse effects and to improve ventilation in ECC, particularly in the Winter, in order to achieve healthier indoor environments.

_Introdução e objetivo

Segundo o estudo *Alliance for Health and the Future* (1) nas últimas décadas tem-se verificado um aumento significativo da população muito idosa (idade superior a 80 anos) na União Europeia, esperando-se que atinja os 34,7 milhões em 2030.

De um modo geral, mais de 80% do nosso tempo é passado em espaços interiores e se pensarmos na população idosa este valor é ainda maior pelo facto de ser uma população dependente. O risco da população idosa desenvolver efeitos adversos em virtude da exposição aos poluentes do ar interior é também bastante mais elevado, pelo facto do seu sistema imunitário ser menos eficiente. Por isso, é essencial compreender de que forma os fatores ambientais afetam a saúde e bem-estar da população idosa residente em lares.

O objetivo deste estudo foi a caracterização da qualidade do ambiente interior numa amostra representativa de lares de idosos de modo a estudar a sua relação com a ventilação dos locais e a saúde/qualidade de vida dos utentes.

_Material e métodos

Foram estudados 18 lares situados em Lisboa tendo-se procedido às avaliações da qualidade do ambiente interior no período de inverno e no período de verão. A campanha de inverno decorreu de novembro 2013 a março de 2014 e a campanha de verão decorreu de abril a julho de 2014. Este estudo incluiu a avaliação de contaminação do ar por agentes químicos - dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), formaldeído (HCHO), compostos orgânicos voláteis totais (COVT), PM₁₀ e PM_{2,5}; por agentes microbiológicos - bactérias e fungos e avaliação do conforto térmico (dados não apresentados).

Em cada lar foram avaliados quartos, incluindo quartos de utentes acamados, e salas, num total de 116 compartimentos estudados. Por forma a estudar a influência das fontes de contaminação existentes no interior, foram efetuadas colheitas de ar exterior para referência.

Foram efetuadas monitorizações do dióxido de carbono durante a noite em cerca de 61 quartos e durante o dia em todos os quartos.

As monitorizações de dióxido e monóxido de carbono foram levadas a cabo durante os períodos de normal ocupação dos espaços utilizando o *Indoor Air Quality Meter* (TSI, modelo 7545, USA), durante 30-45 minutos com leituras a cada minuto.

O formaldeído foi colhido em *impingers* utilizando bombas de amostragem pessoal (modelo 224E PCX8, SKC) a um caudal de 1L/min e analisados laboratorialmente por espectrofotometria, de acordo com o método NIOSH 3500.

As PM₁₀ e PM_{2,5} foram colhidas por amostragem ativa em filtros de PTFE previamente pesados, montados em coletores PM₁₀ e PM_{2,5} (PEM, SKC), utilizando bombas de amostragem pessoal (modelo 224E PCX8, SKC) a um caudal de 2L/min, seguidas de análise gravimétrica de acordo com o método IP-10A da SKC (2004).

As amostras de compostos orgânicos voláteis totais foram colhidas em duplicado utilizando tubos TENAX (Ref. 25054, Supelco) e bombas de amostragem pessoal a um caudal de 0.05 L/min e analisadas, após desadsorção térmica, de acordo com a norma ISO 16000-part 6, por cromatografia gasosa (Perkin Elmer, ATD 400).

As colheitas de amostras de ar para determinação de bactérias e fungos foram efetuadas em duplicado, utilizando o Microbiological Air Sampler (MAS-100, Merck), a caudal de 100 L/min, e placas contendo Malt Extract Agar (MEA), Trypticase Soy Agar (TSA) e MacConkey agar, para colheita de fungos, bactérias totais e bactérias de Gram-negativo, respetivamente. As placas foram posteriormente incubadas a 25°C durante 4-5 dias no caso dos fungos e a 37°C durante 24-48 horas no caso das bactérias. Após incubação as placas foram contadas e os valores ajustados utilizando uma tabela de correção estatística de

Feller. Após mais 3-4 dias de incubação das placas de fungos procedeu-se à sua identificação

Em cada campanha foram incluídos brancos de campo controlos positivos e controlos negativos e o equipamento utilizado foi alvo de calibração de acordo com as normas adotadas pelo laboratório.

O equipamento para colheita/ monitorização da qualidade do ar interior foi colocado na zona respiratória dos ocupantes.

Análise estatística

Foi efetuada uma análise exploratória para parâmetros químicos e microbiológicos. As variáveis categóricas foram descritas através de frequências (percentagens), as variáveis contínuas através da média (desvio padrão) ou mediana e amplitude interquartil (percentil 25-percentil 75), conforme adequado. Foram utilizados modelos lineares generalizados de efeitos mistos, que têm em consideração a estrutura de autocorrelação entre medidas de cada unidade funcional dos lares. Foram estimados *odds ratios* (OR) ajustados, com os respetivos intervalos de confiança a 95% (IC 95%). Foi considerado um nível de significância $\alpha = 0,05$. Na análise de dados foram utilizados os programas SPSS 22.0 (SPSS for Windows, Rel. 22.0.1. 2013. SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) e Stata (StataCorp. 2013. Stata Statistical Software: Release 13. College Station, TX: StataCorp LP).

_Resultados e discussão

Na **tabela 1** apresentam-se os resultados obtidos para os agentes químicos e correspondentes valores de exterior, por estação do ano.

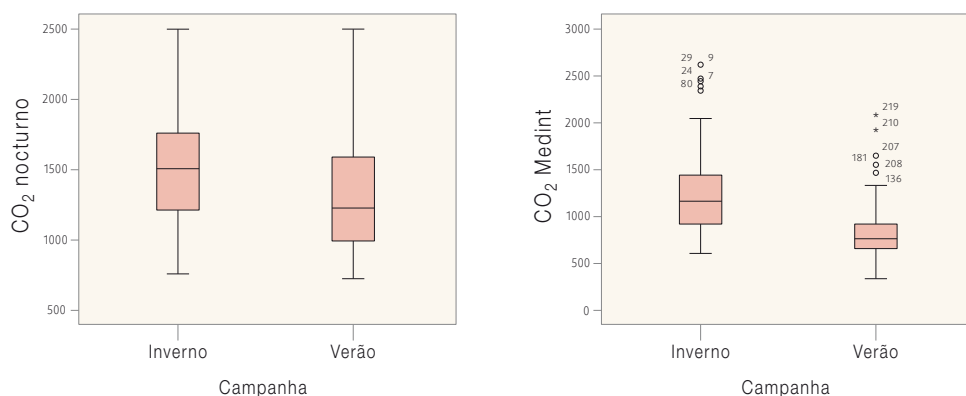
Comparando as medianas obtidas no interior e no exterior (**tabela 1**) verifica-se que as concentrações no interior são superiores às do exterior para todos os parâmetros com exceção das partículas.

As concentrações de dióxido de carbono são menores na primavera/verão (**gráfico 1**). Verifica-se uma redução média de 167 ppm no dióxido de carbono noturno ($p=0.030$) e uma redução média de 417 ppm no dióxido de carbono diurno ($p<0.001$) na primavera/verão relativamente ao inverno.

Tabela 1: ↓ Concentrações de agentes químicos obtidos nos 18 lares estudados, por estação do ano e respetivo valor de exterior.

| Parâmetro | Estação do ano | Interior | | | Exterior | | |
|--|-----------------|----------|---------|---------------|----------|---------|---------------|
| | | N | Mediana | (P25-P75) | N | Mediana | (P25-P75) |
| CO ₂ nocturno (ppm) | Inverno | 61 | 1502 | (1196-1803) | - | - | - |
| | Primavera/Verão | 61 | 1216 | (973-1598) | - | - | - |
| CO ₂ diurno (ppm) | Inverno | 116 | 1156 | (914-1432) | 18 | 567 | (555-592) |
| | Primavera/Verão | 116 | 756 | (644-924) | 17 | 540 | (531-558) |
| CO (ppm) | Inverno | 116 | 0,1 | (0,0-0,4) | 18 | 0 | (0,0-0,1) |
| | Primavera/Verão | 115 | 0,1 | (0,0-0,1) | 17 | 0 | (0,0-0,2) |
| HCHO (mg/m ³) | Inverno | 116 | 0,016 | (0,010-0,020) | 18 | 0,01 | (0,010-0,010) |
| | Primavera/Verão | 116 | 0,017 | (0,010-0,027) | 18 | 0,013 | (0,009-0,019) |
| PM _{2,5} (µg/m ³) | Inverno | 109 | 14,4 | (13,3-68,1) | 17 | 30 | (13-81) |
| | Primavera/Verão | 116 | 27,5 | (11,5-73,8) | 18 | 37 | (11-75) |
| PM ₁₀ (µg/m ³) | Inverno | 111 | 52 | (14,2-101,5) | 17 | 33 | (13-60) |
| | Primavera/Verão | 116 | 41 | (14,5-75,8) | 18 | 43 | (31-83) |
| TVOC (mg/m ³) | Inverno | 115 | 0,11 | (0,068-0,239) | 18 | 0,066 | (0,043-0,069) |
| | Primavera/Verão | 116 | 0,067 | (0,060-0,100) | 18 | 0,065 | (0,060-0,070) |

Gráfico 1: ↓ Distribuição das concentrações de dióxido de carbono nocturno e diurno de acordo com a estação do ano.



Relativamente à contaminação do ar por partículas, verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre concentrações de partículas PM₁₀ e PM_{2,5} nas diferentes estações do ano. As concentrações médias de PM₁₀ obtidas no interior excederam os valores de referência em 24% e 19% dos locais no inverno e na primavera/verão respetivamente. As medianas de PM_{2,5} são mais elevadas no exterior em ambas

as campanhas, indicando a importância da contaminação do ar exterior (tabela 1).

As medianas de PM₁₀ são mais elevadas no interior e no exterior no caso da primavera/verão (tabela 2). Não foi encontrada qualquer relação entre a concentração de partículas e o tipo de material que reveste o pavimento.

Tabela 2: ↓ Concentrações dos agentes químicos e valores de referência constantes no anexo da Portaria nº 353-A/2013, de 4 de dezembro (2).

| Parâmetro | Estação do ano | Interior | | | Referência |
|--|-----------------|----------|---------|---------------|--------------------------------------|
| | | N | Mediana | (P25-P75) | Portaria 353-A/2013 de 4 de dezembro |
| CO ₂ nocturno (ppm) | Inverno | 61 | 11502 | (1196-1803) | 1625 (MT30%)* |
| | Primavera/Verão | 61 | 1216 | (973-1598) | |
| CO ₂ diurno (ppm) | Inverno | 116 | 1156 | (914-1432) | 1625 (MT30%)* |
| | Primavera/Verão | 116 | 756 | (644-924) | |
| CO (ppm) | Inverno | 116 | 0,1 | (0,0-0,4) | 9 |
| | Primavera/Verão | 115 | 0,1 | (0,0-0,1) | |
| HCHO (mg/m ³) | Inverno | 116 | 0,016 | (0,010-0,020) | 0,1 |
| | Primavera/Verão | 116 | 0,017 | (0,010-0,027) | |
| PM _{2,5} (µg/m ³) | Inverno | 109 | 14,4 | (13,3-68,1) | 50 (MT 100%)* |
| | Primavera/Verão | 116 | 27,5 | (11,5-73,8) | |
| PM ₁₀ (µg/m ³) | Inverno | 111 | 52 | (14,2-101,5) | 100 (MT 100%)* |
| | Primavera/Verão | 116 | 41 | (14,5-75,8) | |
| TVOC (mg/m ³) | Inverno | 115 | 0,11 | (0,068-0,239) | 0,6 |
| | Primavera/Verão | 116 | 0,067 | (0,060-0,100) | |

* Valor de referência após aplicação da margem de tolerância prevista para edifícios existentes.

Apesar das concentrações medianas de dióxido de carbono serem inferiores o valor de referência de 1625 ppm, para edifícios existentes e com ventilação natural, as concentrações médias determinadas excederam o valor referido em 19% dos locais estudados no inverno e em 3% na primavera/verão. As menores concentrações de dióxido de carbono indicam uma ventilação mais eficiente, capaz de remover os bioefluentes gerados no interior.

As baixas concentrações de COVT obtidas neste estudo são dignas de destaque e, no inverno, apenas uma sala apresentou uma concentração superior ao valor de referência.

Relativamente ao formaldeído, verificou-se que em apenas 3% dos locais estudados foi excedido o valor de referência, o que revela uma ventilação adequada tendo em conta que este agente químico está presente em muitos desinfetantes utilizados para limpeza de superfícies.

As medianas das concentrações de bactérias obtidas no interior, tanto no inverno como na primavera/verão, não exce-

deram o valor de referência (350 UFC/m³+concentração exterior), tendo-se observado concentrações mais elevadas no inverno. Contudo, em 35% das salas estudadas foi excedido o valor de referência para as concentrações de bactérias em ambas as estações, embora com baixas concentrações de bactérias de Gram-negativo (dados não apresentados) em qualquer das salas (tabela 3).

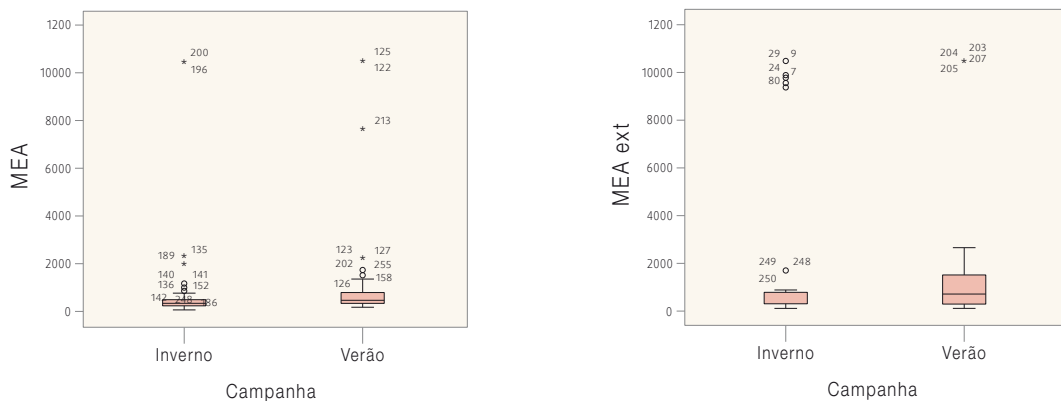
Relativamente à contaminação do ar por fungos verificou-se que as concentrações no interior foram inferiores às do exterior em mais de 60% dos locais independentemente da estação do ano.

Analisando o gráfico 2 verifica-se que as mais elevadas concentrações de fungos obtidas na primavera/verão parecem dever-se a um aumento médio de 1062 UFC/m³ na concentração de fungos no exterior durante campanha primavera/verão quando comparada com inverno ($p=0.048$). De acordo com o esperado em ambientes sem fontes de contaminação do ar por fungos, a abundância relativa das diferentes espécies de fungos seguiu o padrão do exterior (dados não apresentados).

Tabela 3: ↓ Concentrações de bactérias e fungos e correspondentes valores de exterior, por estação do ano.

| Parâmetro | Estação do ano | Interior | | | Exterior | | |
|--------------------------------|-----------------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| | | N | Mediana | (P25-P75) | N | Mediana | (P25-P75) |
| Bacteria (CFU/m ³) | Inverno | 114 | 366 | (210-570) | 18 | 84 | (20-111) |
| | Primavera/Verão | 116 | 288 | (134-536) | 18 | 62 | (52-93) |
| Fungi (CFU/m ³) | Inverno | 116 | 295 | (192-429) | 18 | 266 | (171-745) |
| | Primavera/Verão | 116 | 420 | (268-741) | 18 | 533 | (274-972) |

Gráfico 2: ↓ Concentrações de fungos no interior e no exterior *versus* estação do ano.



Conclusões e recomendações

As concentrações de dióxido de carbono obtidas indicam uma melhor ventilação na primavera/verão, tanto durante a noite como de dia, o que está provavelmente relacionado com o facto de se manterem as janelas abertas neste período do ano.

As concentrações de partículas PM₁₀ e PM_{2,5} são superiores ao valor de referência em aproximadamente 25% e 30% dos locais, respetivamente. No caso das PM_{2,5}, a contribuição do exterior não deve ser negligenciada.

A contaminação microbiológica do ar por bactérias e fungos encontra-se acima dos valores de referência em mais de 35% dos locais estudados.

O reforço da ventilação através da abertura das janelas ou instalação de sistemas de ventilação poderá corrigir os elevados níveis de dióxido de carbono e de bactérias obtidos em alguns dos locais estudados, dado que os referidos contaminantes têm, na sua maioria, origem nos ocupantes.

Uma vez que a poluição do ar por partículas tem sido associada a um aumento da mortalidade e morbilidade relacionadas com as doenças cardiovasculares (3), há que identificar as fontes de contaminação do ar por este agente e adotar mecanismos de controlo das mesmas, seja através de uma limpeza mais eficaz, seja através da adoção de mecanismos de controlo da entrada de partículas com origem no ar exterior.

Financiamento:

Este projeto foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FTC), PTDC/SAU-SAP/116563/2010.

Referências bibliográficas:

- (1) The Alliance for Health and the Future. Health in Europe: a strategic approach: response to the European Commission discussion document for a health strategy, February 2007. http://ec.europa.eu/health/ph_overview/strategy/docs/R-040.pdf
- (2) Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. Portaria nº 353-A/2013, de 4 de dezembro. DR 1ª série (1º Supl), nº 235: 6644-(2)-(9). Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação. <https://dre.pt/application/file/331946>
- (3) Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. J Air Waste Manag Assoc. 2006;56(6):709-42.