



2.º ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

QIC2016

Lisboa • LNEC • 21 a 23 de novembro de 2016

EQUIPAMENTOS SOCIAIS DE LISBOA E PORTO CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS, VENTILAÇÃO E QAI

João Viegas

Eng.º Mecânico, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, jviegas@lnec.pt

Daniel Aelenei

Eng.º Civil, FCT – Universidade Nova de Lisboa, Caparica, aelenei@fct.unl.pt

Susana Nogueira

Arquiteta, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, susana.azevedo@gmail.com

Resumo

Foram realizados recentemente os projetos de investigação ENVIRH e GERIA, que tiveram por principal objetivo analisar a influência da ventilação e da qualidade do ar interior na saúde respiratória dos seus utilizadores. De entre a informação recolhida numa amostra significativa de creches, infantários e lares de idosos, são relevantes os dados sobre as características construtivas dos edifícios (em especial da sua envolvente, que condiciona a ventilação), as condições ambientais no seu interior (temperatura, humidade e teor de dióxido de carbono) e, nalguns casos, as taxas de ventilação observadas em períodos noturno e matinal (só em lares de idosos). Nesta comunicação são analisadas as condições de qualidade do ar interior e associadas às características construtivas dos edifícios, por um lado, e às condições de ventilação, nos casos onde foi possível medir diretamente essas taxas.

Os dados recolhidos são também relevantes para se avaliar a contribuição dos procedimentos de abertura e fecho de portas e janelas para a qualidade do ambiente interior, como forma de reação adaptativa dos utilizadores às insuficiências inerentes aos modelos construtivos que caracterizam estes edifícios.

Palavras-chave: Creches / Lares de idosos / Características construtivas

1 - Introdução

A inadequada Qualidade do Ar Interior (QAI) pode influenciar negativamente a qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios, afetando o seu estado de saúde. As crianças e os idosos constituem grupos de risco que podem apresentar vulnerabilidades quando expostos a um ambiente interior de menor qualidade. As creches, infantários e lares de idosos são locais onde estes grupos de risco passam uma parte significativa do seu tempo e, devido a vários fatores, onde pode ocorrer uma deterioração da QAI. A QAI depende não só da existência e intensidade das fontes de poluentes (ocupação humana, emissões dos materiais, emissões dos equipamentos dos edifícios, etc.), como da ventilação dos locais (taxa de ventilação e eficácia da ventilação) e da qualidade do ar exterior (Zuraimi et al., 2008), uma vez que na maioria dos casos não é tratado antes da sua admissão nos edifícios. Note-se que os comportamentos humanos podem ter uma influência significativa na ventilação dos locais e, nalguns casos, no controlo das fontes de poluentes (Andersen et al., 2013). Diversos estudos têm revelado a existência de teores de CO₂ elevados em escolas, causados quer pela elevada densidade de ocupação, quer pela insuficiente ventilação (Dijken et al., 2006) (Mumovic et al., 2009) (Borodinecs et al., 2009) (Al-Rashidi et al., 2012). Este aspeto também tem sido reportado nas escolas portuguesas (Almeida et al., 2011) (Pegas et al., 2012). Elevados teores de CO₂ surgem frequentemente associados a elevados teores de outros poluentes (Norbäck et al., 2011) (Freitas et al., 2011). Tem sido igualmente reportada internacionalmente a existência de elevados teores de poluentes em creches e infantários (St-Jean et al., 2012) (Ramalho et al., 2012) (Dlugosz et al., 2011), embora nalguns casos se indique que pode existir uma exposição ainda mais elevada a alguns poluentes em casa (Roda et al., 2011). A medição do teor de CO₂, sendo este gás resultante do metabolismo humano, na ausência de outras fontes (por exemplo, a combustão) pode ser utilizada como uma forma de avaliar o grau de viciação do ar interior por origem antrópica.

A permeabilidade da envolvente, interferindo com a ventilação dos compartimentos, pode influenciar a QAI; por exemplo, foi observado que compartimentos dotados de janelas de PVC apresentam teores de CO₂ mais elevados que compartimentos dotados de janelas de madeira (Borodinecs et al., 2009).

Nesta comunicação analisam-se em conjunto dados obtidos no decurso dos projetos Ambiente e saúde em creches e infantários (ENVIRH - ENVIRonment and Health in children day care centres) e GERIA (Estudo Geriátrico dos Efeitos na Saúde da Qualidade do Ar Interior em Lares da 3ª Idade de Portugal) relevantes para a caracterização dos edifícios que albergam estas atividades, para a análise do desempenho da ventilação, relacionada com características dos edifícios, e para o comportamento dos utilizadores na intensificação da ventilação.

2 - Metodologia

O projeto ENVIRH teve por objetivo principal estabelecer associações entre as condições de ventilação desses locais, a QAI e a prevalência de doenças do foro respiratório. O projeto GERIA teve por objetivo determinar o impacto da QAI na saúde, analisando os casos com doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC) (grupo de risco) e os casos sem DPOC (grupo de controlo).

O projeto ENVIRH foi concebido de forma a assentar a sua análise em amostras significativas do universo considerado, que é constituído por creches e infantários (IPSS – Instituições Privadas de Solidariedade Social) dos Concelhos de Lisboa e do Porto. Para obter freguesias representativas das cidades de Lisboa e do Porto, foram selecionadas 20 das 40 escolas do Porto e 25 das 48 escolas de Lisboa, através do método de amostragem aleatória estratificada proporcional, em que o número de elementos (escolas) selecionados em cada estrato (freguesias) é proporcional ao número de elementos existentes no estrato. As 45 IPSS foram analisadas abrangendo um total de 310 salas de atividade (das quais 200 em Lisboa e 110 no Porto) e com uma população de 5251 crianças (sendo 3482 em Lisboa e 1769 no Porto). Na Tarefa 1 foi feito um levantamento das condições construtivas das edificações, foram caracterizados os sistemas de ventilação e de climatização, foram identificadas potenciais fontes de contaminação do ambiente interior, foram realizadas medições pontuais e instantâneas do teor de CO₂ em salas de atividades e foi realizado um inquérito aos hábitos dos ocupantes relacionados com a ventilação.

No âmbito do projeto GERIA foram escolhidos aleatoriamente 33 lares de Lisboa, abrangendo um total de 40 salas de estar e 74 quartos de dormir, e avaliados os seus residentes que tenham consentido participar e capazes de responder a um questionário. Para a componente da saúde, procedeu-se à avaliação da saúde respiratória e da perceção de saúde em geral, por inquirição e recolha de informação dos processos dos participantes. No âmbito da análise da ventilação e da qualidade do ar interior, foi feito o levantamento das características do parque edificado e a medição da concentração de dióxido de carbono (detalhado nesta comunicação), da temperatura e da humidade relativa, em salas de estar e em quartos.

O teor de CO₂ foi utilizado como um indicador da poluição do ar interior originada pela respiração humana. O registo nas salas de estar dos lares de idosos e nas salas de atividades das creches e infantários foi efetuado durante o dia, num período de 30 minutos, em média, para assegurar a estabilização da leitura (que correspondia a um período de aproximadamente de 15 minutos). O registo nos quartos de dormir dos lares foi efetuado ao longo de 12 horas, em média, monitorizando todo o período a noite. Os aparelhos utilizados caracterizam-se pelas seguintes estimativas de incerteza expandida: (i) para o CO₂ de $U_{CO_2} = 62$ ppm para uma medição de 1000 ppm e $U_{CO_2} = 175$ ppm para uma medição de 3000 ppm e (ii) para a temperatura de $U_T = 1,16$ °C. Dado que se pretendia evidenciar a eventual associação entre a qualidade do ar e as condições de saúde respiratória dos utentes, foram selecionadas para a realização destas medições as salas de atividades e os quartos de dormir com uma aparente menor qualidade do ar (que se concretizou normalmente pela seleção dos espaços com maior ocupação e envolvente construtiva menos permeável ao ar).

No caso do projeto GERIA, uma vez que foi possível dispor de medições do teor de CO₂ em quartos durante o período noturno, constatou-se que num número significativo de casos foi possível estimar a taxa de ventilação uma vez que os registos apresentavam um desenvolvimento ao longo do tempo muito próximo de uma condição de taxa de emissão constante com taxa de ventilação constante. Nesses casos as taxas de ventilação foram estimadas por ajustamento de uma curva teórica aos resultados experimentais pelo método dos mínimos quadrados. Este ajustamento foi realizado para a fase de crescimento do teor de CO₂ durante a noite e também para a fase de decréscimo matinal. Informação mais detalhada sobre o conteúdo dos projetos e as metodologias adotadas pode ser encontrada em (Azevedo et al., 2012) (Viegas et al., 2012) (Araújo-Martins et al., 2014) (Nogueira et al., 2013) (Cerqueira et al., 2014).

3 - Análise dos resultados

3.1 - Caracterização dos edifícios estudados

O levantamento, que constituiu a fase inicial em ambos os projetos, tinha por objetivo permitir a avaliação das características construtivas e de utilização dos lares de idosos, creches e infantários que poderiam condicionar a ventilação e a qualidade do ar interior. O levantamento das condições construtivas foi realizado sempre pelo mesmo técnico (em ambos os projetos) de forma a assegurar a uniformidade do preenchimento. Foi acompanhado por registo fotográfico e pela medição do teor de CO₂, temperatura e humidade relativa.

No quadro 1 resumem-se as características das edificações incluindo algumas patologias identificadas. No Porto 50% das construções das creches e infantários são anteriores a 1950, enquanto em Lisboa apenas 38% são anteriores a 1950. Verifica-se que os lares de idosos estão alojados em edifícios mais antigos do que as creches e infantários (64%, em Lisboa, são anteriores a 1950). Foram observadas, nestas amostras, mais patologias construtivas em creches e infantários do que em lares de idosos. Verifica-se que são dispensados maiores cuidados de reabilitação em creches e infantários (embora sendo constituídos essencialmente pela pintura e substituição de pavimentos vinílicos) do que em lares de idosos, embora não se venha a refletir numa menor incidência de patologias aparentes.

Nos quadros 2 e 3 são caracterizados os componentes dos vãos. No que respeita às creches e infantários verifica-se que, em Lisboa, a maioria das janelas são de alumínio (76%) enquanto no Porto a maioria é de madeira (70%). Constata-se que também nos lares de idosos (todos em Lisboa) a percentagem de janelas de alumínio (77% nos quartos e 78% nas salas) é quase coincidente com a observada nas creches e infantários de Lisboa.

Quadro 1: Características construtivas dos edifícios.

		ENVIRH				GERIA (Lisboa)		
		Lisboa		Porto		Frequência absoluta	Frequência relativa	
		Frequência absoluta	Frequência relativa	Frequência absoluta	Frequência relativa			
Época de Construção	< Séc. XIX	3	12%	4	20%	3	9%	
	Séc. XIX	5	20%	3	15%	0	0	
	Séc. XX	< 1950	1	4%	3	15%	18	55%
		> 1950	13	52%	8	40%	7	21%
	Séc. XXI	3	12%	2	10%	5	15%	
Tipo de construção	Alvenaria de tijolo	16	64%	11	55%	18	56%	
	Alvenaria de pedra	4	32%	8	40%	14	44%	
	Pré-fabricado	1	4%	1	5%	0	0%	
Patologias do edificado	Condensações	4	16%	4	20%	0	0%	
	Infiltrações	5	20%	6	30%	6	19%	
	Condensações e Infiltrações	10	40%	5	25%	2	6%	
	Sem patologias	6	24%	5	25%	24	75%	
Obras de reabilitação	Ano n ¹	14	56%	7	35%	3	15%	
	Ano n-1	6	24%	3	15%	4	20%	
	Ano n-2	2	8%	4	20%	5	25%	
	Ano n-3	2	8%	2	10%	2	10%	
	Ano n-4	0	0%	1	5%	2	10%	
	Ano n-5	1	4%	3	15%	2	10%	
	Ano < n-5	0	0%	0	0%	2	10%	

As janelas de madeira e de aço encontradas correspondem em geral a sistemas de caixilharia antigos que não dispõem de sistemas de vedação, o que implica que a sua permeabilidade ao ar é significativamente mais elevada do que nos sistemas de caixilharia com sistemas de vedação. Note-se que em ambos os projetos de investigação se constata que a soma dos caixilhos de madeira com os de aço corresponde aproximadamente ao número de caixilhos sem vedantes. No caso dos lares de idosos verifica-se ainda que mais de 70% das janelas são de alumínio, tanto nos quartos de dormir, como nas salas de estar. Dado que anteriormente a 1950 a caixilharia era de madeira, verifica-se que uma parte significativa dos lares sofreram obras de reabilitação com substituição da caixilharia.

A utilização de vidro simples ainda predomina, variando a percentagem de caixilharia com vidro simples entre 60% e 80%. Evidencia-se que nas creches e infantários em Lisboa existe uma percentagem significativa de janelas com vidro duplo (40%), que resultam de obras de construção ou de reabilitação mais recentes (que está coerente com a maior proporção de reabilitações recentes – ver quadro 1 – constatada para as creches e infantários). Verifica-se que o modo de abertura dominante corresponde a janelas de batente (entre 48% e 65%), o que normalmente está associado a um modo de abertura que desimpeça totalmente o espaço do vão. As janelas de correr apresentam uma percentagem particularmente constante para os edifícios em Lisboa (30% a 33%).

As janelas sem vedantes têm também uma percentagem particularmente constante em Lisboa (20% a 26%), observando-se uma alta incidência no Porto (70%). Verifica-se que a percentagem de janelas com vedantes é, em qualquer caso, praticamente coincidente com a percentagem de janelas de alumínio, sendo as janelas de madeira antigas e sem vedantes. Este aspeto está associado ao facto de

¹ Designa-se por ano n aquele em que decorreram as visitas aos edifícios.

não serem normalmente usados sistemas de caixilharia de madeira de conceção recente (normalmente de elevado desempenho), devido ao seu preço mais elevado. As janelas com vedantes correspondem a construções mais recentes e a reabilitação. É relevante verificar-se que a percentagem de janelas manobradas por rotação (de batente, basculantes e oscilobatentes) é superior à percentagem de vedantes de borracha e que, por outro lado, a percentagem de janelas de correr é inferior à das janelas com pelúcias, o que indica que algumas janelas manobradas por rotação estão inadecuadamente providas de vedantes de pelúcia, sendo assim prejudicado o seu desempenho de permeabilidade ao ar.

A existência de estores é da ordem de 50% dos casos nas creches e infantários de Lisboa e nos quartos de dormir de lares de idosos.

Quadro 2: Características dos vãos de creches e infantários.

		Lisboa		Porto		
		Frequência absoluta	Frequência relativa	Frequência absoluta	Frequência relativa	
Material da Caixilharia	Madeira	5	20%	14	70%	
	Alumínio	19	76%	5	25%	
	Aço	1	4%	1	5%	
Tipo de Vidro	Vidro Simples	15	60%	16	80%	
	Vidro Duplo	10	40%	4	20%	
Tipo de Folha Móvel	Batente	12	48%	13	65%	
	Correr	8	32%	4	20%	
	Basculante	5	20%	3	15%	
Tipo de vedantes das Janelas	Sem Vedantes	6	24%	14	70%	
	Com vedantes de borracha	14	56%	3	15%	
	Com vedantes de pelúcias	5	20%	3	15%	
Tipo de proteção solar	Interior	Madeira	9	36%	9	45%
		Outros ²	3	12%	6	30%
	Exterior	PVC	13	52%	5	25%

Nos quadros 4 e 5 são caracterizados os sistemas de ventilação e de climatização, bem como as práticas dos utilizadores. A maioria das salas de atividade das creches e infantários e dos quartos dos lares de idosos não dispõe de qualquer sistema de ventilação concebido para o efeito, sendo a sua ventilação assegurada por meios passivos através da abertura das janelas ou através da permeabilidade ao ar da envolvente. Apenas um edifício em cada caso dispõe de um sistema de ventilação mecânico que abrange o edifício. Existe um número reduzido de edifícios (referidos como tendo ventilação mista com exaustão mecânica nas instalações sanitárias) nos quais a ventilação mecânica, embora não constituindo um sistema de ventilação mecânica centralizada envolvendo todo o edifício, poderá ter alguma influência para a ventilação das salas. Nos restantes casos existe com frequência ventilação mecânica nas cozinhas, mas devido à segregação da cozinha relativamente às salas de atividade, de estar e quartos, à existência de aberturas exteriores na cozinha e ao facto das portas interiores da cozinha se encontrarem frequentemente fechadas em período de atividade considerou-se que o impacto destes sistemas de ventilação nas salas de atividade, de estar e quartos é muito reduzido.

No caso das creches e infantários, a climatização é assegurada essencialmente por aparelhos autónomos, existindo no Porto, todavia, uma maior incidência de sistemas centralizados, admitindo-se que seja devido à existência de um clima mais frio. Esta hipótese é coerente com a constatação de que no Porto apenas 35% dos aparelhos de climatização apresentam a possibilidade de

² Cortina interior de tecido, estore interior de lâminas metálicas e estore interior tipo *blackout* e/ou de microfibras.

arrefecimento, enquanto em Lisboa quase todos têm funções de aquecimento e de arrefecimento. No caso dos lares de idosos, verifica-se a existência de um maior número com sistemas de climatização centralizados, o que poderá ser devido a uma menor capacidade dos idosos a ambientes com temperaturas mais extremas, em especial ao frio.

Quadro 3: Características dos vãos de lares de idosos

		Lisboa			
		Quartos de dormir		Salas de estar	
		Frequência absoluta	Frequência relativa	Frequência absoluta	Frequência relativa
Material da Caixilharia	Madeira	17	23%	6	15%
	Alumínio	57	77%	31	78%
	Aço	0	0%	3	8%
Tipo de vidro	Vidro Simples	49	66%	28	70%
	Vidro Duplo	25	34%	11	28%
Tipo de Folha Móvel	Batente	39	52%	21	53%
	Correr	22	30%	13	33%
	Basculante	4	5%	3	8%
	Oscilobatente	9	12%	2	5%
	Janela fixa	0	0%	1	3%
Tipo de vedantes das Janelas	Sem Vedantes	19	26%	8	20%
	Com vedantes de borracha	25	34%	15	38%
	Com vedantes de pe-lúcias	30	41%	16	40%
Tipo de caixa de estore	Interior	24	32%	2	5%
	Exterior	14	19%	6	15%
	Sem caixa de estore	36	49%	32	80%

Verifica-se que, no caso das creches e infantários localizados no Porto (35%) e nos lares de idosos (30%), existe uma incidência significativa de utilização de sistemas centralizados de climatização a gás (tratam-se de sistemas de aquecimento ambiente com base em caldeiras a gás para aquecimento de água como fluido permutador de calor), enquanto no caso das creches e infantários de Lisboa essa incidência é baixa (apenas 8%). A utilização de sistemas de aquecimento a gás parece assim estar associada a uma utilização mais intensa dos sistemas de climatização.

Verifica-se que cerca de 90% dos educadores referem manter as janelas das salas de atividade das creches e infantários abertas no período de Verão. No Inverno quase a totalidade dos educadores do Porto mantém as janelas fechadas. Em Lisboa cerca de 50% dos educadores afirmam manter as janelas abertas no Outono, Inverno e Primavera. No caso dos lares de idosos a maioria dos cuidadores refere abrir as janelas dos quartos, mesmo no inverno (73%). Note-se que neste caso se trata da abertura de janelas para arejamento, em especial quando os idosos não estão nos quartos (feito essencialmente no período de limpeza e de arrumação matinal), enquanto no que se refere às salas de atividade das creches e infantários se trata da abertura de janelas durante a permanência dos ocupantes nas salas.

3.2 - Avaliação do teor de CO₂ e de taxas de ventilação

No âmbito dos levantamentos das características construtivas foram realizadas medições do teor de dióxido de carbono em 143 salas de atividade das creches e infantários (sendo 82 em Lisboa e 61 no Porto, feitos no período de outubro a dezembro), abrangendo um total de 2170 crianças (sendo 1266 em Lisboa e 904 no Porto), e em 40 salas de estar e 74 quartos de dormir dos lares de ido-

tos (período de junho a fevereiro). Dado que única fonte de contaminação destes espaços com este gás era o metabolismo dos ocupantes, o seu teor foi utilizado como indicador do grau de ventilação do ambiente interior, permitindo assim dar uma indicação, embora parcial, sobre a QAI.

Quadro 4: Características dos sistemas de ventilação e climatização em creches e infantários

		ENVIRH				GERIA (Lisboa)		
		Lisboa		Porto		Freq. absoluta	Freq. relativa	
		Freq. absoluta	Freq. relativa	Freq. absoluta	Freq. relativa			
Tipo de sistema de Ventilação	Mecânica	0	0%	1	5%	1	3%	
	Mista	Exaustão mecânica na cozinha	19	76%	13	65%	20	61%
		Exaustão mecânica na cozinha e i.s. ³	1	4%	4	20%		
		Exaustão mecânica na i.s.	0	0%	1	5%		
Natural	5	20%	1	5%	12	36%		
Práticas de Ventilação Declaradas pelos Utilizadores	Janelas Abertas	Inverno	11	44%	2	10%	27	73%
		Primavera / Outono	13	52%	6	30%	29	78%
		Outono						
		Primavera / Verão					31	86%
		Verão	23	92%	18	90%		
Tipo de Sistema de Climatização	Aparelhos autónomos	23	92%	13	65%	18	49%	
	Centralizado com fluido permutador de calor	2	8%	7	35%	13	35%	
Fonte de Energia	Eletricidade	23	92%	13	65%	19	51%	
	Gás	2	8%	7	35%	11	30%	
	Gasóleo	0	0%	0	0%	1	3%	
Existência de Climatização	Com aquecimento	22	88%	20	100%			
	Sem aquecimento	3	12%	0	0%			
	Com arrefecimento	20	80%	7	35%			
	Sem arrefecimento	5	20%	13	65%			

A figura 1 mostra a distribuição das medições do teor de CO₂. Verifica-se que em cerca de 60% das medições os valores obtidos correspondem em creches e infantários correspondem a concentrações superiores a 1250 ppm (2250 mg/m³). Este valor de referência constitui o limite referido no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (2015), que embora não se aplique necessariamente nestes casos constitui uma referência nacional para a QAI em edifícios. No caso dos lares de idosos, este limite é ultrapassado em mais de 70% das medições realizadas em quartos, mas em apenas 25% das realizadas em salas de estar. Salienta-se que mais de 23% das medições realizadas nas creches e infantários ultrapassam 2000 ppm, enquanto este limite é ultrapassado em apenas 11% dos quartos. Estes resultados de medição refletem a inexistência de sistemas de ventilação devidamente concebidos e implementados, em conjunto com a existência de densidades de ocupação mais elevadas nas salas de atividade das creches e infantários e de envolventes menos permeáveis ao ar no caso dos quartos de dormir dos lares de idosos (manutenção de janelas e portas fechadas para assegurar privacidade).

Nos lares de idosos foram realizadas mais duas campanhas de medição de CO₂, em período noturno, em quartos de lares de idosos, uma num período de outono/inverno (novembro a março) e outra num período de primavera/verão (abril a julho). Na figura 2 são apresentados os resultados dessas

³ Instalações sanitárias.

medições, detalhando-se o teor máximo medido e o teor medido quando é atingido o equilíbrio entre emissões e ventilação (designado nos gráficos como “CO₂ estacionário”). Constatase que a percentagem de medições do teor máximo de CO₂ acima de 1250 ppm é de cerca de 80% no período de outono/inverno e de 65% no período de primavera/verão. Os valores apresentados na figura 1 estão enquadrados por estes valores.

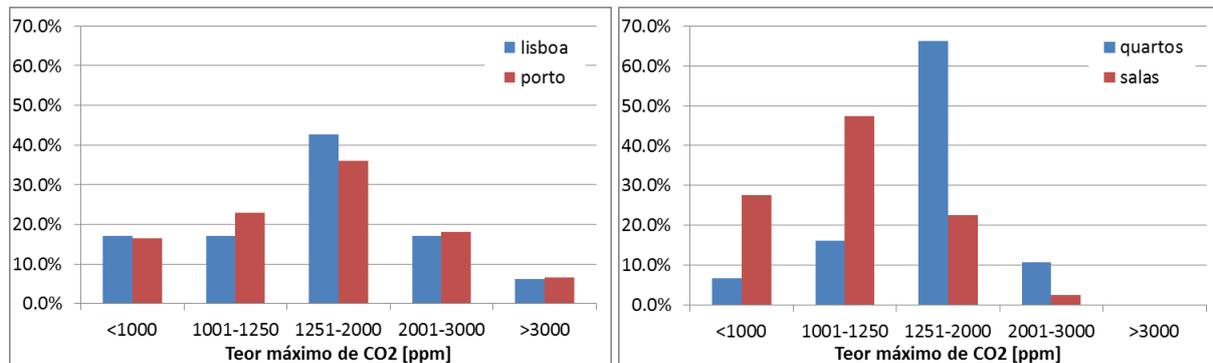


Figura 1: Teor máximo de CO₂ em salas de atividade (creches e infantários – em cima) e quartos e salas de estar (lares de idosos – em baixo)

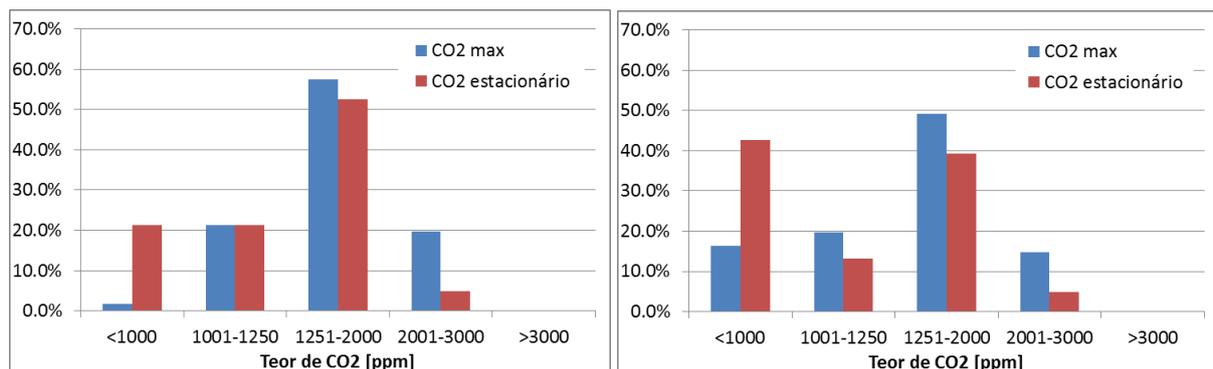


Figura 2: Teor de CO₂ em quartos de lares de idosos no período de outono/inverno (novembro a março), à esquerda, e no período de primavera/verão (abril a julho), à direita

Enquanto os valores máximos correspondem a picos normalmente de curta duração, o valor de “CO₂ estacionário” é representativo de uma exposição mais prolongada dos utentes. Verifica-se que o teor de “CO₂ estacionário” é superior no período de outono/inverno (57% acima de 1250 ppm) relativamente ao período de primavera/verão (44% acima de 1250 ppm), como seria de esperar uma vez que com temperaturas exteriores mais amenas os utentes e os cuidadores têm tendência a intensificar a ventilação por abertura mais prolongada de portas e janelas.

Foi possível obter ajustamentos adequados de uma curva teórica, correspondente a taxas de ventilação e de emissão constantes, aos resultados experimentais em quartos (46 em período de outono/inverno e 37 no período de primavera/verão) (Nogueira et al., 2013) (Cerqueira et al., 2014). Na figura 3 apresentam-se as estimativas das taxas de ventilação médias em período noturno em quartos de lares de idosos, considerando os períodos de primavera/verão e de outono/inverno. Constatase que os quartos com taxas de ventilação inferiores a 0,3 h⁻¹ têm uma maior incidência na primavera/verão (16%) do que no outono/inverno (4%). Verifica-se ainda que cerca de 50% dos quartos (em qualquer período do ano) tem taxas de ventilação inferiores a 0,6 h⁻¹. Constatase que no período de outono/inverno 15% dos quartos têm taxas de ventilação superiores a 1,20 h⁻¹, o que indicia situações potencialmente de desconforto térmico e/ou de desperdício de energia.

3.3 - Ventilação e práticas dos utilizadores

No quadro 3 estão indicadas as práticas de ventilação declaradas pelos educadores em creches e infantários e pelos cuidadores em lares de idosos. No decurso das visitas realizadas às creches e infantários foi possível constatar qual a posição das janelas (abertas ou fechadas) durante o período de primavera/verão e comparar com as práticas declaradas. Observou-se que num total de 153 salas só 33% tinham janelas abertas, enquanto tinha sido declarado em 45% dos casos que no período de primavera/verão mantinham janelas abertas (ver quadro 4). Assim, a intenção de abertura de janelas parece ser mais ambiciosa do que a prática observada. Este assunto foi analisado por Azevedo et al. (2012), tendo sido concluído que a diferença que ocorreu entre observação da posição das janelas e declarações dos educadores é estatisticamente significativa ($p=0.013$), o que evidencia que, neste caso, não é possível ter confiança nas declarações dos educadores.

No caso dos lares de idosos foi possível estimar taxas de ventilação no período do início da manhã (ver figura 3), no qual é esperado que possa ocorrer a abertura de portas e/ou de janelas para arejamento. A forma das curvas de evolução do teor de CO_2 com o tempo evidencia que no início da manhã há uma queda quase abrupta do teor de CO_2 , correspondendo muito provavelmente a abertura de janelas e/ou de portas. Verifica-se que, em período de outono/inverno 74% dos quartos têm taxas de ventilação superiores a $1,0 h^{-1}$, tendo sido esta taxa de ventilação estimada a partir do decaimento de CO_2 , considerando que não existem fontes de CO_2 no quarto. Embora taxas de ventilação entre $1,0 h^{-1}$ e $2,0 h^{-1}$ não sejam necessariamente associáveis a janelas ou portas abertas, é relevante verificar que entre 73% e 78% dos cuidadores declaram abrir as janelas no outono/inverno (ver quadro 4), o que enquadra muito bem a percentagem de quartos com taxa de ventilação matinal estimada superior a $1,0 h^{-1}$.

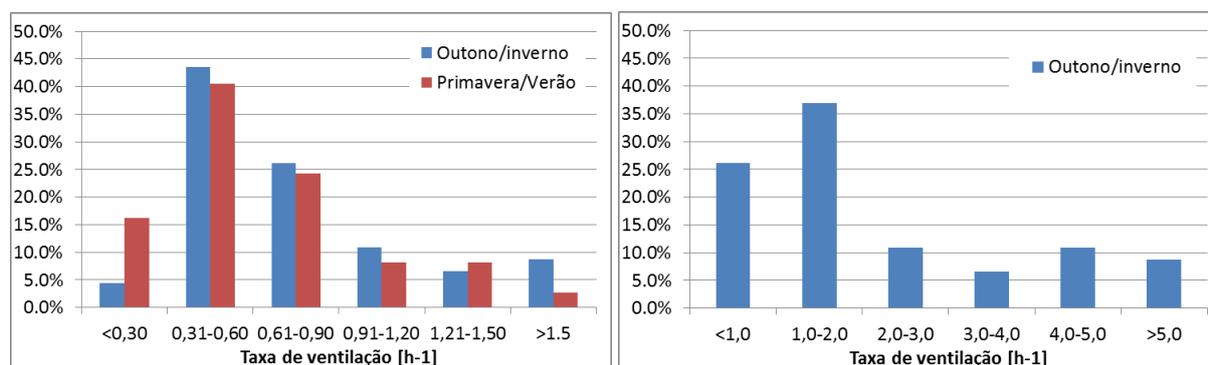


Figura 3: Taxa de ventilação noturna, à esquerda, e matinal, à direita, estimadas em quartos de lares de idosos

3.4 - Impacte da caixilharia na ventilação

Em ambos os projetos foi analisado o impacte da caixilharia exterior no teor de CO_2 medido no interior dos edifícios e, no caso dos lares de idosos, na taxa de ventilação estimada. O quadro 5 evidencia a relação entre a posição da folha móvel observada em salas de atividade de creches e de infantários e o modo de abertura das folhas móveis. Verifica-se que no momento das visitas 13,2% das folhas de batente estavam abertas, 37,1% das folhas de correr estavam abertas e 64,7% das basculantes estavam abertas. Constatou-se que é muito significativo ($p < 0.001$) (Azevedo et al., 2012) existirem mais folhas basculantes abertas do que de batente ou de correr, o que indicia que é mais tolerada pelos utilizadores a abertura de folhas basculantes. Assim, sempre que a intensificação da ventilação tiver de ser assegurada pela abertura de janelas, deve ser preferida a utilização de folhas basculantes.

Verificou-se também que existe uma associação significativa (Azevedo et al., 2012) entre o teor de CO_2 e o tipo de vedantes das janelas das salas de atividade das creches e infantários ($p = 0.012$), sendo o teor de CO_2 sucessivamente mais elevado para janelas com pelúcias e vedantes de PVC ou borracha, quando comparados com janelas sem vedantes. Também se verificou que a concentração de CO_2 é maior no caso das janelas de batente do que no caso das janelas de correr ou basculantes, embora esta associação não seja significativa ($p = 0.302$). Naturalmente foi encontrada uma associa-

ção significativa ($p < 0.001$) entre o teor de CO_2 e a posição das folhas das janelas, sendo mais elevado quando as folhas se encontravam fechadas.

Quadro 5: Associação entre práticas de ventilação observadas e o tipo de folha móvel

Tipo de folha móvel	Posição da folha da janela		
	Aberta	Fechada	Total de salas
Batente	9	59	68
	13.2%	86.8%	100%
Correr	13	22	35
	37.1%	62.9%	100%
Basculante	22	12	34
	64.7%	35.3%	100%
Total de sala	44	93	137
	32.1%	67.9%	100%

No caso dos quartos de dormir de lares de idosos, constatou-se que o teor de CO_2 máximo e estacionário no período noturno medido é, em média, superior quando as janelas não têm vedantes (ver quadro 6), como seria de esperar; todavia, salienta-se que a diferença não é muito acentuada, o que pode indicar que existem outros fatores que aqui contribuem significativamente para o estabelecimento do teor de CO_2 (densidade de ocupação, exposição ao vento, etc.). As taxas de ventilação estimadas são mais elevadas quando não existem vedantes nas janelas.

Quadro 6: Teor médio de CO_2 e taxa de ventilação estimada em função da existência de vedantes e do modo de abertura

Variável		Teor de CO_2 [ppm]		Taxa de ventilação [h^{-1}]	
		Máximo	Estacionário	Noturna	Matinal
Vedantes	com	1495 (176)	1463 (144)	0,68 (69)	1,76 (72)
	sem	1393 (60)	1288 (52)	0,81 (20)	2,32 (18)
Modo de abertura	Oscilobatente	1629 (27)	1541 (25)	0,49 (12)	2,62 (13)
	Correr	1534 (74)	1522 (61)	0,63 (32)	1,26 (34)
	Basculante	1314 (27)	1261 (24)	0,77 (13)	1,87 (9)
	Batente (total)	1423 (107)	1350 (86)	0,85 (32)	2,20 (34)
	Batente com vedantes	1456 (50)	1430 (37)	0,91 (15)	1,94 (17)
	Batente sem vedantes	1395 (57)	1290 (49)	0,80 (17)	2,46 (17)

O número de casos está indicado entre parêntesis em cada célula do quadro.

O teor de CO_2 é progressivamente mais baixo nos quartos dos lares de idosos em função do modo de abertura da janela na ordem “oscilobatente”, “correr”, “batente” e “basculante”. As taxas de ventilação noturnas estimadas seguem uma tendência contrária (incremento da taxa de ventilação), exceto no caso das janelas basculantes que, no entanto, têm um número total de casos analisado muito reduzido (a penas 13 casos). Seria de esperar que às janelas de batente estivessem associadas taxas de ventilação mais baixas (e portanto teores de CO_2 mais elevados) do que às janelas de correr; neste caso existem janelas de batente antigas (muitas delas sem vedantes), o que poderá estar a distorcer esta associação. Também no caso das janelas basculantes seria de esperar encontrar taxas de ventilação mais baixas do que nas janelas de correr; neste caso, para além da reduzida amostragem, poderá haver uma alteração da tendência se existirem janelas abertas. As janelas oscilobatentes cor-

respondem a janelas modernas, com uma permeabilidade ao ar reduzida, como se evidencia pelas respetivas taxas de ventilação estimadas.

Note-se que as taxas de ventilação matinais são mais elevadas no caso de janelas sem vedantes. Isto poderá corresponder a uma ventilação intensificada apenas por abertura da porta interior, ficando assim a taxa de ventilação ainda limitada pela permeabilidade ao ar das janelas.

4 - Conclusões

São relevantes as seguintes conclusões relativamente à amostra de edifícios estudada:

- A generalidade dos edifícios utilizados para creches, infantários e lares de idosos não dispõe de sistemas de ventilação devidamente concebidos e implementados.
- Em consequência disso são atingidas concentrações de CO₂ significativamente acima de 1250 ppm em muitos casos, indiciando condições de subventilação.
- Os resultados obtidos mostram, todavia, que não há indícios significativos de CO₂ excessivo nas salas de estar de lares de idosos (salienta-se que a análise do teor de CO₂ dá nestes casos apenas informação sobre poluição por via antrópica).
- Num conjunto limitado de quartos de dormir de lares de idosos foi possível estimar taxas de ventilação, evidenciando-se também a existência de alguns valores particularmente baixos (abaixo de 0,3 h⁻¹).
- O teor de CO₂ e as taxas de ventilação são influenciados pelas características da envolvente, nomeadamente pela existência de vedantes nas folhas móveis e pelo modo de abertura das janelas.
- Nas creches e infantários os utilizadores procuram intensificar a ventilação através da abertura de janelas, em especial quando são basculantes.
- Nos lares de idosos verificou-se que existe uma intensificação matinal da ventilação dos quartos, por abertura de janela ou de porta interior, o que evita que os poluentes permaneçam nos locais por períodos de tempo prolongados.

Agradecimentos

Estes projetos de investigação tiveram o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (PTDC/SAU-ESA/100275/2008 e PTDC/SAU-SAP/116563/2010).

Referências bibliográficas

- ZURAIMI M.S., THAM K.W. - **Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers**. Atmospheric Environment, Vol. 42(9), pp. 2225-2239 (2008)
- DIJKEN F. VAN, BRONSWIJK J. E. M. H. VAN E SUNDELL J. - **Indoor environment and pupils' health in primary schools**, Building Research & Information, Vol. 34(5), pp. 437-446 (2006).
- MUMOVIC D., PALMER J., DAVIES M., ORME M., RIDLEY I., ORESZCZYN T., JUDD C., CRITCHLOW R., MEDINA H. A., PILMOOR G., PEARSON C. E WAY P., Building and Environment, Vol. 44, pp. 1466-1477 (2009).
- BORODINECS A. AND BUDJKO Z. - **Indoor air quality in nursery schools in Latvia**. Proceedings of Healthy Buildings 2009, Syracuse, USA (2009).
- AL-RASHIDI, K., LOVEDAY D., AL-MUTAWA N. - **Impact of ventilation modes on carbon dioxide concentration levels in Kuwait classrooms**. Energy & Buildings, Vol. 47, pp. 540-549 (2012).
- ALMEIDA S.M., CANHA N., SILVA A., FREITAS M.C., PEGAS P., ALVES C., EVTYUGINA M., PIO C.A. - **Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools**. Atmospheric Environment, Vol. 45(40), pp. 7594-7599 (2011).

- PEGAS P.N., NUNES T., ALVES C.A., SILVA J.R., VIEIRA S.L.A., CASEIRO A., PIO C.A. - **Indoor and outdoor characterisation of organic and inorganic compounds in city centre and suburban elementary schools of Aveiro**, Portugal. *Atmospheric Environment*, Vol. 55, pp. 80-89 (2012).
- NORBÄCK D., WIESLANDER G., ZHANG X. e ZHAO Z. - **Respiratory Symptoms, perceived air quality and physiological signs in elementary school pupils in relation to displacement and mixing ventilation system: an intervention study**. *Indoor Air*, Vol. 21, pp. 427-437 (2011).
- FREITAS M. C., CANHA N. et al. - **Indoor air quality in primary schools, Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies**, Vol. 20, pp. 361-384 (2011). Anca Maria Moldoveanu (ed.)
- ST-JEAN M., ST-AMAND A., GILBERT N.L., SOTO J.C., GUAY M., DAVIS K., GYORKOS T.W. - **Indoor air quality in Montréal area day-care centres**, Canada. *Environmental Research* (2012)
- RAMALHO O., MANDIN C., RIBÉRON J. e WYART G. - **Air stuffiness and air exchange rate in French schools and day-care centres**. *Ventilation 2012*, Paris, (2012).
- DLUGOSZ L., SUN W. - **HVAC design to reduce risk of communicable disease in child care center infant and toddler rooms**.(Report). *ASHRAE Transactions*, July, Vol. 117(2), p. 84(7) (2011)
- RODA C., BARRAL S., RAVELOMANANTSOA H., DUSSÉAUX M., TRIBOUT M., LE MOULLEC Y., MOMAS I. - **Assessment of indoor environment in Paris child day care centers**. *Environmental Research*, Vol. 111(8), pp. 1010-1017 (2011).
- Andersen R., Fabi V., Toftum J., Corngati S.P., Olesen B.W. - **Window opening behaviour modelled from measurements in Danish dwellings**. *Building and Environment* 69 101-113. . 2013.
- AZEVEDO, S., VIEGAS J., AELENEI D., PAPOILA A. L., MENDES A. – **Environment and Health in children day care centre. Results from phase I - Preliminary analysis of buildings physical characteristics**. *Ventilation 2012 - 10th International Conference on Industrial Ventilation*, Paris: 17-19 de setembro de 2012.
- VIEGAS J., PAPOILA A. L., MARTINS P., AELENEI D., CANO M., PROENÇA C., TEIXEIRA J., NOGUEIRA S., MENDES A., PINTO A., PAIXÃO P., PINTO R., NEUPARTH N. - **Ventilação, qualidade do ar e saúde em creches e infantários resultados preliminares do projeto ENVIRH**. 4.º Congresso Nacional da Construção, Universidade de Coimbra:18 a 20 de dezembro de 2012
- ARAÚJO-MARTINS J., CARREIRO MARTINS P., VIEGAS J., AELENEI D., CANO M. M., TEIXEIRA J. P., PAIXÃO P., PAPOILA A. L., LEIRIA-PINTO P., PEDRO C., ROSADO-PINTO J., ANNESI-MAESANO I. e NEUPARTH N. - **Environment and Health in Children Day Care Centres (ENVIRH) - Study rationale and protocol**. *Rev Port Pneumol*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rppneu.2014.02.006>
- NOGUEIRA, S., SOBREIRA C., AELENEI D., VIEGAS J. - **Contribuição para o conhecimento da qualidade do ar interior em lares de idosos em Portugal. Determinação do teor de CO₂ e de taxas de ventilação**. Conferência Internacional sobre o Envelhecimento. Lisboa, Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Nova de Lisboa (novembro de 2013).
- CERQUEIRA, F., AZEVEDO S., AELENEI D. e VIEGAS J. - **Assessment of ventilation in elderly care centres**. 40th IAHS World Congress on Housing, 16-19 de dezembro de 2014, Funchal, Portugal.
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços**, Decreto-Lei n.º 251/2015. D.R. n.º 231, Série I de 2015-11-25 e portarias conexas.