

COLETOR INERCIAL PARA VENTILAÇÃO NATURAL

Edson Matsumoto (1); Rosana Maria Caram (2)

(1) Pós-doutorando, Departamento de Arquitetura e Urbanismo-EESC/USP

e-mail: edmatsu@widesoft.com.br

(2) Profa., Departamento de Arquitetura e Urbanismo-EESC/USP, Av. Trabalhador São-carlense,
400, São Carlos, SP, CEP 13566-590

e-mail: rcaram@sc.usp.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi construir e analisar o desempenho de um dispositivo passivo (coletor inercial) que funciona como abertura para ventilação natural do ambiente interno e também retém parte dos materiais particulados, existentes no ar, que passam através dele. O funcionamento do coletor está baseado na inércia que cada partícula possui, ou seja, à medida que o fluxo de ar entra pela abertura do coletor inercial ele é acelerado devido à redução na seção transversal do duto. Como estes dutos são construídos com obstáculos que forçam a mudança de direção do fluxo, as partículas mais pesadas, pela sua maior inércia, seguem em trajetória retilínea, impactando-se contra o obstáculo. Para verificar o rendimento do coletor inercial, foram realizadas amostragens de material particulado em filtros finos (para coleta de partículas com diâmetro aerodinâmico de até 2,5 μm) e grossos (acima de 2,5 μm), colocados em série. Estas amostragens ocorreram no exterior e no interior da célula teste com dois coletores inerciais instalados em faces opostas. Após a análise gravimétrica destes filtros, verificou-se que os coletores inerciais produziram, no interior da célula teste, uma redução de até 70% na massa de particulado grosso e de até 7% na massa de particulado fino.

ABSTRACT

The goal of this work was to manufacture and to analyze a passive device performance (inertial collector). This one has worked as an opening for the inside ambient natural airing and also it retains some particulate material present in the air which passes through it. The collector work has been based in the inertia which each particle has, that is, as the air flow enters through the inertial collector opening it is accelerated due to the reduction in the duct transversal section. As these ducts are made with obstacles forcing the flow direction change, the heaviest particles, by their higher inertia have followed in rectilinear path against the obstacle. In order to check the inertial collector yield particulate material samples have been collected in thin filters (to collect particles up to 2.5 μm aerodynamic diameter) and in coarse filters (over 2.5 μm) set in sequence. These samplings have been performed in and out the test cell with two inertial collectors installed at opposite sides. After the gravimetric analysis of these filters one checked that the inertial collectors have achieved inside the test cell up to 70% reduction of coarse particulate mass and up to 7% of thin particulate mass.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, tem-se buscado cada vez mais a eficiência energética da arquitetura através do uso de técnicas passivas para o controle ambiental, aproveitando os recursos climáticos da região, na qual a edificação está inserida, para economizar energia e obter o conforto térmico. Em locais de climas quentes, a ventilação natural é um recurso muito eficaz para proporcionar conforto no ambiente construído.

Um fator a ser considerado na ventilação natural é a qualidade do ar que entra nas edificações, pois se o nível da poluição atmosférica no entorno for alto, o ambiente interno sofrerá uma degradação ainda maior. Por isto, em locais de alta concentração de poluentes, devem-se utilizar dispositivos que minimizem a entrada desses, proporcionando uma ventilação higiênica e também uma ventilação para o conforto térmico, porém, sem esquecer as questões relacionadas à economia de energia.

Desde os anos 50, uma considerável atenção tem sido dada para a questão da poluição do ar atmosférico, principalmente em relação ao dióxido de enxofre, fumaça e mais recentemente, reações fotoquímicas. Entretanto, as pessoas permanecem mais tempo dentro das residências e escritórios do que fora, por isto, a preocupação com os níveis de poluentes no ambiente interno já é uma realidade (WARREN, 1987). O efeito dos níveis de poluição externa na qualidade do ar interno é um assunto de crescente interesse, especialmente com a utilização mais intensa da ventilação natural em áreas urbanas.

O problema da poluição surge em construções localizadas próximo às vias de tráfego intenso, ferrovias, aeroportos e indústrias locais. A localização da entrada de ar nestas construções afeta a qualidade do ar interno, por isso é essencial que sejam posicionadas de maneira que minimizem o ingresso de poluentes externos. O padrão de escoamento em torno da construção tem um importante impacto na qualidade do ar. A concentração interna de poluentes varia não somente com o nível de poluição próximo à construção, mas também, com o volume do espaço poluído, com a taxa de troca entre o ar interno e externo, e outros fatores que afetam sua remoção. Os níveis de poluentes internos em edifícios com ventilação natural podem ser maiores do que os níveis em edifícios equipados com ar condicionado (KUKADIA e PALMER, 1996).

Ar interno com boa qualidade pode ser definido como aquele que é livre de poluentes que causam irritação, desconforto ou mal à saúde dos ocupantes. Condições térmicas e umidade relativa também influenciam no conforto e saúde. Problemas mais sérios de saúde, devido aos poluentes, podem resultar em efeitos de longo período ou permanentes.

Entre os poluentes da atmosfera está o material particulado, que é definido como qualquer substância, exceto água pura, no estado líquido ou sólido, existente na atmosfera sob condições normais e tendo dimensões microscópicas ou sub-microscópicas, desde que superiores às dimensões moleculares características (maiores que 0,2 nm). Basicamente, o particulado atmosférico pode ser considerado como sendo composto de duas frações: fina (diâmetro aerodinâmico da partícula* $d_p < 2,5 \mu\text{m}$) e grossa ($d_p > 2,5 \mu\text{m}$). Em geral, estas duas frações, fina e grossa, do particulado atmosférico têm características diferentes quanto às suas origens, aos processos de transformação e remoção que sofrem e quanto às suas composições químicas. Um dos constituintes do material particulado é o *black carbon* (pó preto de granulação fina), cujas partículas possuem, predominantemente, $d_p < 2,5 \mu\text{m}$ e são resultantes de processos de combustão incompleta (SEINFELD, 1986).

O custo da manutenção da qualidade do ar no interior dos edifícios é da mesma ordem de magnitude do custo causado pela deterioração da qualidade do ar, que provocam problemas de saúde nos seus habitantes e usuários. As necessidades para uma boa qualidade do ar interno e eficiência energética têm sido consideradas como conflitantes entre si. Entretanto, edifícios modernos com baixo consumo de energia na Europa possuem, também, uma baixa taxa de problemas de saúde relacionados com o edifício. Isto mostra a importância de um bom projeto de energia e instalação, assim como uma mão de

* diâmetro aerodinâmico da partícula = diâmetro de uma esfera hipotética que possui a mesma velocidade de queda da partícula considerada e uma densidade igual a 1 g/cm^3 .

obra qualificada e bem treinada que entenda as necessidades para uma boa qualidade do ar interno e eficiência energética (SEPPANEN, 1999).

São raras as informações sobre estratégias para minimizar a entrada de poluentes em construções localizadas em áreas urbanas, utilizando a ventilação natural, por isso existe uma tendência de preferir a ventilação forçada. Esta deficiência de informações é devido à natureza interdisciplinar da aplicação e à falta de estudos que abordem a análise simultânea das variáveis envolvidas e a relação entre elas.

2. OBJETIVO

Construir um dispositivo passivo (coletor inercial) que tenha a capacidade de reter parte do material particulado existente no ar que ventila, naturalmente, o ambiente interno de edificações.

3. METODOLOGIA

O conceito aplicado no desenvolvimento deste trabalho foi o princípio da inércia, ou seja, uma parcela dos particulados pode ser removida do ar devido à tendência que as partículas possuem de conservar sua trajetória retilínea. Esta trajetória só será alterada pela aplicação de uma força ou oposição direta por um obstáculo. Utilizando este princípio, podem ser construídos dutos (canais) com redução da seção transversal, fazendo com que o fluxo seja acelerado (efeito Venturi, Fig.1a). O ar escoando por um duto passa de uma seção transversal de área A_1 , com velocidade v_1 , para uma seção transversal de área A_2 , adquirindo uma velocidade v_2 maior do que v_1 . Este aumento na velocidade ocorre para que a vazão seja mantida constante. Esta maior velocidade provoca uma queda de pressão na seção 2, produzindo uma diferença de pressão entre as duas seções, representada pela altura h no líquido do manômetro de tubo em "U". A Fig.1b mostra que a colocação de obstáculos que alteram a direção do fluxo faz com que as partículas mais pesadas, pela sua maior inércia, sigam em trajetória retilínea, impactando-se contra o obstáculo e, com isto, parte delas pode ser removida.

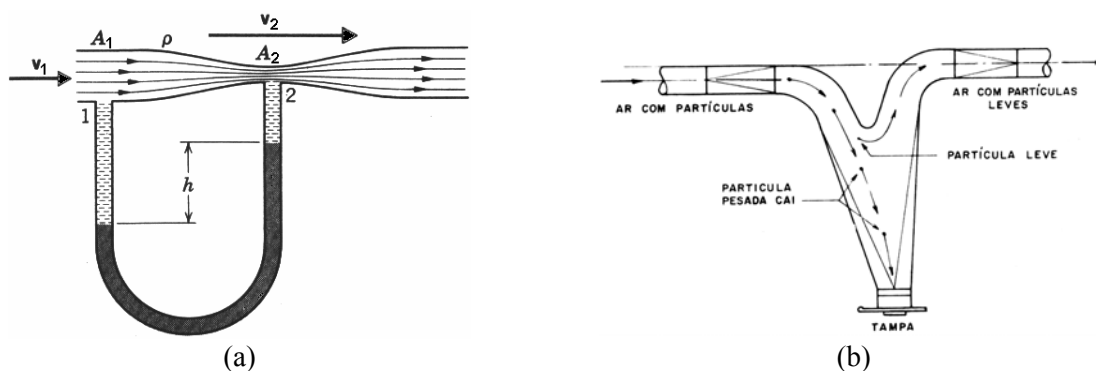


Figura 1 – (a) Tubo de Venturi; (b) Coletor de câmara inercial (MACINTYRE, 1988; STERN, 1977).

A Fig.2 mostra, sem escala, uma vista lateral do esquema do coletor inercial utilizado para minimizar a entrada de material particulado (partículas em suspensão no ar, emitidas por diversos tipos de fontes, como por exemplo, atividades industriais, veículos, queimadas, etc) juntamente com o ar utilizado na ventilação do ambiente construído. Ao passar pelos canais, o ar é acelerado pelo efeito Venturi, e dependendo da velocidade atingida pelo fluxo de ar, devido à sua inércia, muitas partículas não conseguirão acompanhar o fluxo, sendo, então, retidas na placa de impactação, contendo água. Com isto, o ar que atinge o interior do ambiente apresenta uma concentração menor de material particulado.

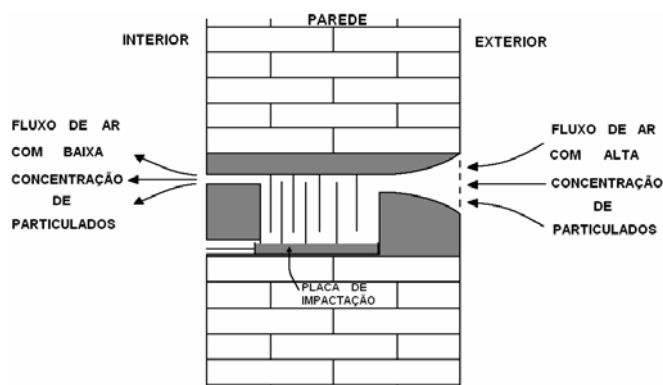


Figura 2 – Vista lateral do coletor inercial (sem escala).

Na Fig.3a é mostrada a trajetória das partículas que não conseguem acompanhar o fluxo de ar, devido à sua inércia, sendo então coletadas na bandeja de impactação. A Fig.3b mostra um exemplo de instalação dos coletores inerciais em uma sala de escritório. O vento frontal à parede gera uma região de pressão alta, enquanto que ao tangenciar a parede adjacente, gera uma região de pressão baixa. Isto faz com que o ar entre pelo coletor inercial da parede frontal e saia pelo coletor da parede adjacente, produzindo uma circulação de ar no ambiente interno (ventilação cruzada).

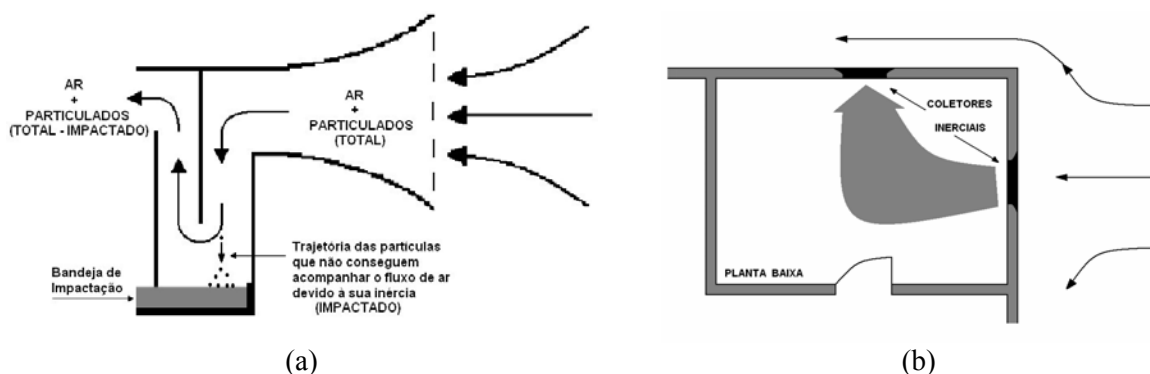


Figura 3 – (a) Detalhe do coletor inercial; (b) Um exemplo de instalação dos coletores inerciais em uma sala de escritório.

A capacidade de retenção do material particulado está diretamente relacionada com a velocidade do ar ao passar pelos canais aceleradores do coletor inercial e também com a velocidade do vento que incide no coletor. Por isso, dois modelos reduzidos dos coletores inerciais foram construídos e instalados em um modelo reduzido da célula teste e ensaiados no túnel de vento para verificar o comportamento do ar no interior dos coletores, para diversas velocidades do vento.

Para obter as velocidades do ar no interior do modelo do coletor, as pressões foram medidas durante o ensaio no túnel de vento do Laboratório de Aerodinâmica (LAE) do Departamento de Engenharia Aeronáutica da EESC/USP, São Carlos, SP. É um túnel de circuito fechado cuja seção de ensaio possui uma área de 2 m^2 (1,70 m de largura x 1,20 de altura) e o escoamento pode atingir uma velocidade máxima de 50 m/s (180 km/h). Cada tomada de pressão do modelo do coletor inercial foi conectada a cada um dos canais de um transdutor de pressão, assim como as tomadas de pressão estática e total do túnel. Utilizou-se um transdutor *Scanivalve*, onde os sensores transformam pressão em corrente elétrica, cuja intensidade é proporcional à pressão aplicada. A Fig.4a mostra o interior do modelo da célula teste com os dois modelos do coletor inercial fixados em faces opostas e as conexões das tomadas de pressão com o *Scanivalve* e a Fig.4b, a montagem do modelo na seção de ensaio do túnel de vento.



(a)



(b)

Figura 4 – (a) Detalhe do interior do modelo reduzido da célula teste; (b) Montagem do modelo da célula teste na seção de ensaio do túnel de vento.

Com o objetivo de determinar a eficiência do coletor inercial em reduzir a concentração de material particulado, uma célula teste na escala 1:1 foi instalada em ambiente natural e efetuada amostragens no seu interior e exterior, sendo a entrada de ar para ventilação através dos coletores inerciais.

Na Fig.5a tem-se uma vista geral das instalações utilizadas no ensaio em escala real, onde pode ser visto um coletor inercial na face frontal e, acima do teto da célula teste, o sistema de amostragem do material particulado. A Fig.5b mostra o interior da célula teste, com os dois coletores inerciais e o sistema de amostragem instalados. No detalhe, os suportes dos filtros em série que são instalados dentro do sistema de amostragem.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Vista geral da célula teste; (b) Interior da célula teste.

O sistema utilizado para a amostragem de material particulado foi a filtração do ar aspirado por uma bomba de vácuo. Um medidor de volume foi utilizado para quantificar o volume de ar aspirado. O particulado foi coletado em dois filtros, montados em um suporte em série. A concentração total do material particulado depositado nos filtros foi determinada através da análise gravimétrica, fazendo-se a pesagem dos filtros antes e depois da amostragem. A diferença entre os valores obtidos nas pesagens antes e depois da amostragem fornece a massa de material particulado depositada no filtro. A razão entre esta massa e o volume de ar amostrado, representa a concentração de material particulado no ambiente em questão (interno ou externo) (MATSUMOTO et al., 2002).

Amostragens internas e externas, com a célula teste sem os coletores inerciais, com áreas de ventilação equivalentes às da célula teste com os coletores, também foram realizadas. Para isto, foram instalados anteparos nas aberturas de entrada e saída da célula teste (Fig.6).



Figura 6 – (a) Vista externa do anteparo instalado na abertura da célula teste; (b) Vista interna do anteparo.

A eficiência do coletor inercial, em reduzir a quantidade de material particulado no ar utilizado na ventilação do ambiente interno, foi determinada através da comparação entre as concentrações de poluentes obtidas nas amostragens no interior da célula teste e no seu exterior e, da análise das dimensões das partículas que conseguem passar através dele. Para verificar as dimensões das partículas que conseguem passar através dos coletores inerciais, os filtros utilizados nas amostragens foram analisados no microscópio eletrônico de varredura.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com os dados obtidos, no ensaio de túnel de vento, para as pressões estática e total no modelo reduzido do coletor inercial, foram calculados os valores das velocidades em cinco pontos dentro do coletor e comparados com a velocidade do vento na seção de ensaio, que podem ser vistos na Fig.7.

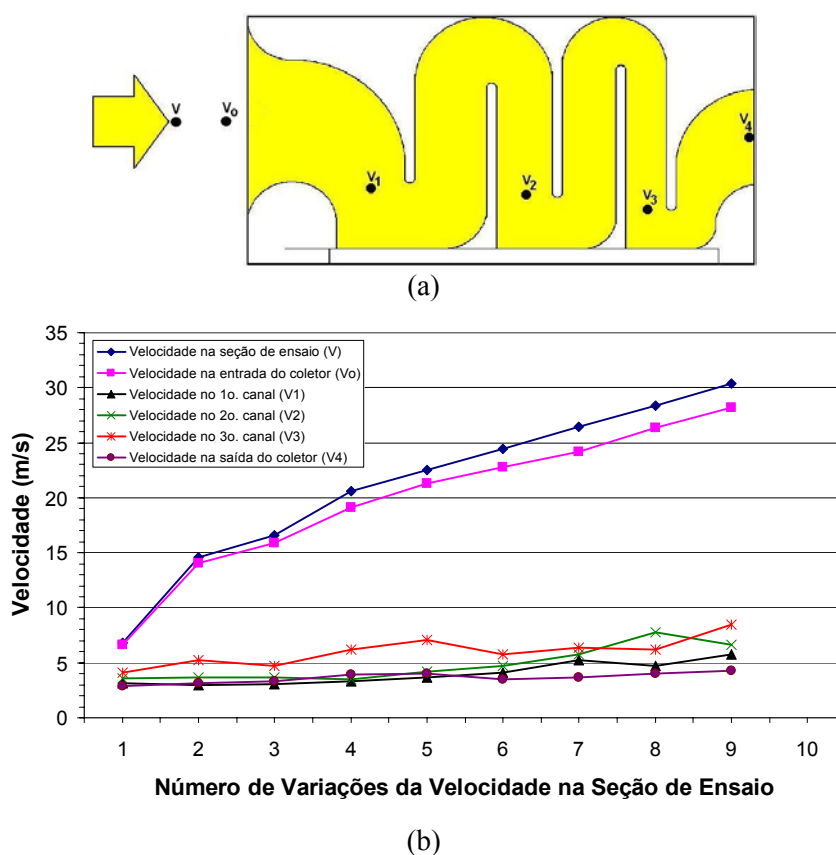


Figura 7 – (a) Pontos de medidas das velocidades nos ensaios do modelo da célula teste; (b) Dados obtidos para diferentes velocidades na seção de ensaio do túnel de vento

Pode-se notar que dentro do modelo do coletor inercial ocorre uma redução muito grande na velocidade do ar (V_1, V_2, V_3, V_4) para velocidades mais altas (acima de 10 m/s). Isto mostra que a perda de carga (perda de pressão) é maior para velocidades mais altas na seção de ensaio (V).

No ensaio dos coletores no ambiente real, foi verificado se o ar estava realmente entrando na célula teste através dos coletores inerciais, para isso foi realizada uma série de medidas de velocidade na saída do coletor (6 medidas no período de 30 minutos) e também com os anteparos instalados no lugar dos coletores inerciais. Os valores foram comparados com os dados obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC/USP (Tab.1).

Tabela 1 – Velocidade média do vento na Estação Meteorológica comparada com: (a) Velocidade média do ar na saída do coletor inercial; (b) Velocidade média do ar na saída do anteparo.

Vmédias Vento ¹ (m/s)	Vmédias Coletor ² (m/s)	Vmédias Vento ¹ (m/s)	Vmédias Anteparo ³ (m/s)
1,27	0,89	0,91	1,06
1,04	0,95	1,26	0,96
0,99	1,06	1,60	1,21
0,88	0,76	1,30	1,15
0,85	0,60	1,51	1,25
0,72	0,93	1,40	1,10
0,70	0,93	1,32	0,98

(a)

(b)

¹ Velocidade média do vento medida na estação meteorológica.

² Velocidade média do ar medida na saída do coletor inercial, no interior da célula teste.

³ Velocidade média do ar medida na saída do anteparo instalado na abertura da célula teste.

Analisando os dados da Tab.1, observa-se que a velocidade média na saída do coletor varia de 70 a 133% da velocidade média do vento e que a velocidade média na saída do anteparo varia de 74 a 116% da velocidade média do vento. A velocidade média do ar na saída do coletor ou do anteparo é menor do que a velocidade média do vento quando este incide diagonalmente em relação à entrada do coletor ou do anteparo e maior quando o vento incide perpendicularmente. Os resultados da Tab.1 mostram que o ar está passando através da célula teste, ou seja, está entrando e saindo da célula teste através das aberturas, com os coletores inerciais ou com os anteparos instalados. E que a perda de carga, e conseqüente perda de velocidade, nos dois casos são semelhantes.

Após estes ensaios, foi realizado uma série de amostragens de material particulado, por um período de 6 dias (3 dias com os coletores inerciais e 3 dias com os anteparos instalados nas aberturas). As amostragens foram realizadas, simultaneamente, no interior e no exterior da célula teste e cada uma delas teve uma duração de 23,5 horas (+0,5 h para a troca dos filtros), controladas por um temporizador eletrônico.

A análise gravimétrica dos dados obtidos nas amostragens mostra que a concentração de particulado grosso no interior da célula teste, é, em torno de 70% menor do que no exterior e, em torno de 7% para o particulado fino, quando se utiliza os coletores inerciais nas aberturas. Com os anteparos nas aberturas ocorre um aumento na concentração, em torno de, 9% e 7,5%, respectivamente (Tab.2).

Tabela 2 – Dados dos filtros antes e depois das amostragens no interior e no exterior da célula teste.

	Amostragem		Massa do Filtro (mg)				Massa Depositada no filtro (mg)		Volume Amostrado (m ³)	Concentração (µg/m ³)		Redução na Concentração ¹ (%)	
	Início	Fim	Antes da Amostragem		Depois da Amostragem		fino	grosso		fino	grosso	fino	grosso
	Data - Hora	Data - Hora	fino	grosso	fino	grosso	fino	grosso		fino	grosso	fino	grosso
Com Coletor													
Externa 1	15/07-12:00 h	16/07-11:30 h	14,92	16,02	15,51	16,43	0,59	0,41	14,196	41,56	28,88		
Interna 1	15/07-12:00 h	16/07-11:30 h	14,82	16,15	15,44	16,29	0,62	0,14	15,938	38,90	8,78	6,4	69,6
Externa 2	16/07-12:00 h	17/07-11:30 h	14,77	16,05	15,21	16,61	0,44	0,56	17,190	25,60	32,58		
Interna 2	16/07-12:00 h	17/07-11:30 h	14,71	16,19	15,16	16,37	0,45	0,18	18,955	23,74	9,50	7,3	70,9
Externa 3	17/07-12:00 h	18/07-11:30 h	14,76	15,64	15,18	16,58	0,42	0,94	17,137	24,51	54,85		
Interna 3	17/07-12:00 h	18/07-11:30 h	14,45	15,74	14,88	16,04	0,43	0,30	18,967	22,67	15,82	7,5	71,2
Sem Coletor													
Externa 4	18/07-12:00 h	19/07-11:30 h	14,82	16,24	15,17	16,75	0,35	0,51	18,054	19,39	28,25		
Interna 4	18/07-12:00 h	19/07-11:30 h	15,12	15,76	15,48	16,28	0,36	0,52	17,157	20,98	30,31	-8,2	-7,3
Externa 5	19/07-12:00 h	20/07-11:30 h	15,13	16,29	15,49	16,87	0,36	0,58	19,820	18,16	29,26		
Interna 5	19/07-12:00 h	20/07-11:30 h	14,94	16,22	15,31	16,81	0,37	0,59	18,713	19,77	31,53	-8,9	-7,7
Externa 6	20/07-12:00 h	21/07-11:30 h	14,81	16,10	15,24	16,62	0,43	0,52	17,025	25,26	30,54		
Interna 6	20/07-12:00 h	21/07-11:30 h	14,80	16,10	15,28	16,66	0,48	0,56	16,998	28,24	32,95	-11,8	-7,9

¹ Taxa de redução na concentração de particulado do ar interno em relação ao ar externo. Os valores negativos representam um aumento na concentração de material particulado.

Após a análise gravimétrica, os filtros que apresentaram as maiores diferenças nas concentrações (aumento ou redução), entre as coletas internas e externas, foram selecionados para a análise no microscópio eletrônico de varredura (MEV, da Central Analítica de Química Instrumental – CAQI – IQSC/USP).

Os filtros selecionados foram o Externa 3 (fino e grosso) e Interna 3 (fino e grosso) para o caso da célula teste com os coletores inerciais e o Externa 6 (fino e grosso) e Interna 6 (fino e grosso) para o caso da célula teste com os anteparos (Tab.2). De cada um destes 8 filtros foi retirado um círculo de 1 cm de diâmetro para serem analisados no microscópio eletrônico de varredura (MEV).

As imagens obtidas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) foram analisadas fazendo-se uma comparação visual entre os filtros das amostragens no interior e no exterior da célula teste, tanto com os coletores inerciais quanto com os anteparos instalados nas aberturas.

A Fig.8 mostra imagens de filtros com particulados finos coletados no exterior e no interior da célula teste, com os coletores inerciais instalados nas duas aberturas em paredes opostas.

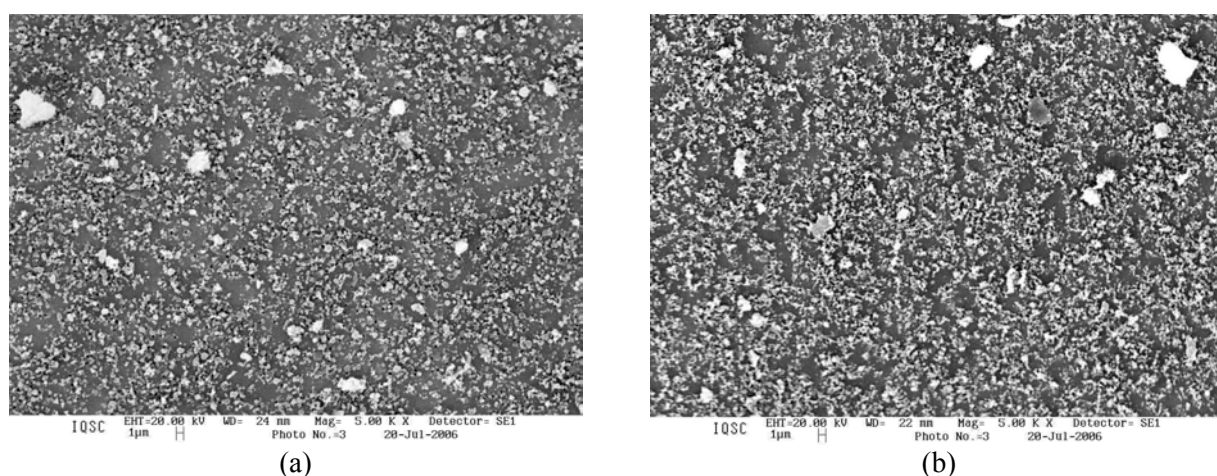
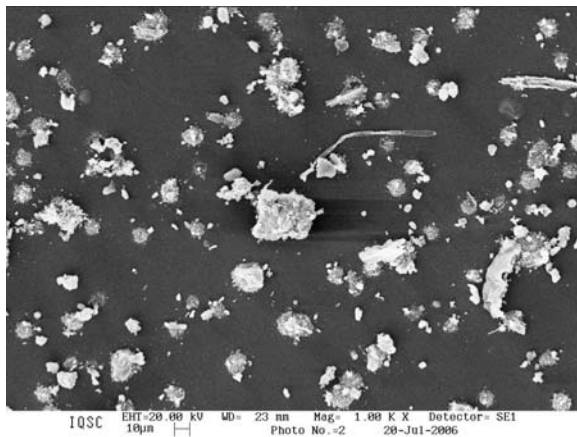


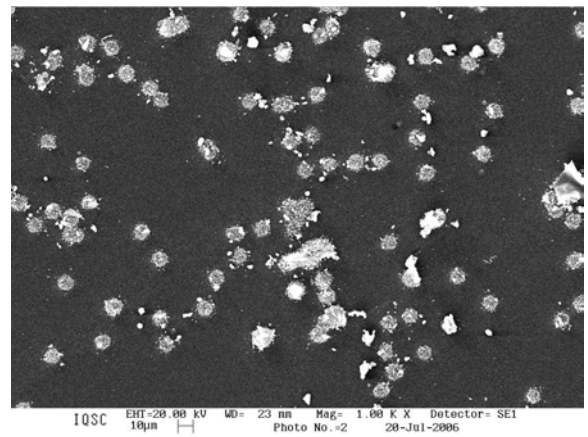
Figura 8 – Fotos ampliadas 5000 vezes no MEV: (a) Foto do filtro com particulado fino coletado no exterior da célula teste; (b) Foto do filtro com particulado fino coletado no interior da célula teste.

Comparando a foto da Fig.8a, que é do filtro com particulado fino coletado no exterior, com a foto da Fig.8b, que é do filtro com particulado fino coletado no interior da célula teste com os coletores inerciais instalados, verifica-se que não é possível observar diferenças significativas no tamanho das partículas depositadas sobre os filtros. Na análise gravimétrica desses filtros foi verificada uma redução de 7,5%, ou seja, a concentração de particulado fino no filtro do interior é menor do que a concentração no filtro do exterior.

Na Fig.9 são mostradas imagens de filtros com particulados grossos coletados no exterior e no interior da célula teste, com os coletores inerciais instalados nas duas aberturas em paredes opostas. A foto da Fig.9a, que é do filtro com particulado grosso coletado no exterior, mostra que os tamanhos das partículas variam desde valores abaixo de 10 µm até em torno de 60 µm, com uma grande quantidade de partículas de tamanho acima de 10 µm, enquanto que a foto da Fig.9b, que é do filtro com particulado grosso coletado no interior da célula teste, com os coletores inerciais instalados, mostra que existe uma predominância de partículas com tamanho de até 10 µm. A análise gravimétrica mostrou que a concentração de particulado grosso no filtro do interior é 71% menor do que a concentração no filtro do exterior.



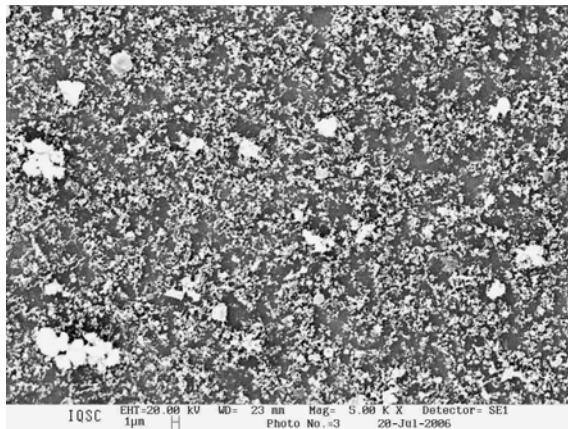
(a)



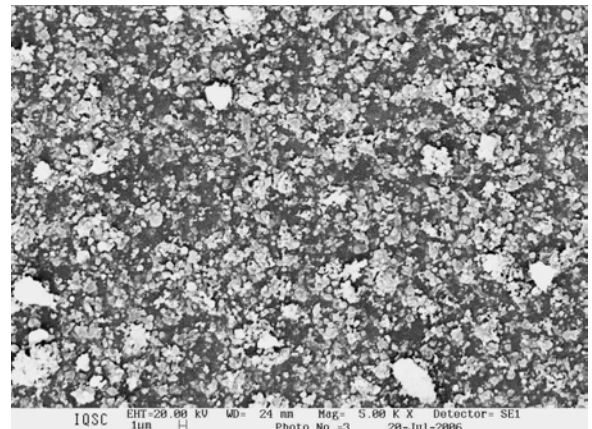
(b)

Figura 9 – Fotos ampliadas 1000 vezes no MEV: (a) Foto do filtro com particulado grosso coletado no exterior da célula teste; (b) Foto do filtro com particulado grosso coletado no interior da célula teste.

A Fig.10 mostra imagens de filtros com particulados finos coletados no exterior e no interior da célula teste, com os anteparos instalados nas duas aberturas em paredes opostas. Na comparação da foto da Fig.10a, que é do filtro com particulado fino coletado no exterior, com a foto da Fig.10b, que é do filtro com particulado fino coletado no interior da célula teste com os anteparos instalados, observa-se uma diferença entre os filtros com relação ao tamanho das partículas. O filtro do interior apresenta uma grande quantidade de partículas maiores que 1 µm, enquanto que no filtro do exterior há uma predominância de partículas menores que 1 µm. Na análise gravimétrica desses filtros foi verificado um aumento próximo de 12% na concentração de particulado fino no ambiente interno, quando comparado com a concentração no ambiente externo.



(a)



(b)

Figura 10 – Fotos ampliadas 5000 vezes no MEV: (a) Foto do filtro com particulado fino coletado no exterior da célula teste; (b) Foto do filtro com particulado fino coletado no interior da célula teste.

Na Fig.11 são mostradas imagens de filtros com particulados grossos coletados no exterior e no interior da célula teste, com os anteparos instalados nas duas aberturas em paredes opostas. Comparando a foto da Fig.11a, que é do filtro com particulado grosso coletado no exterior, com a foto da Fig.11b, que é do filtro com particulado grosso coletado no interior da célula teste com os anteparos instalados, verifica-se que não é possível observar diferenças significativas no tamanho das partículas depositadas sobre os filtros. Na análise gravimétrica desses filtros foi verificado um aumento próximo de 8% na concentração de particulado grosso no filtro interno, quando comparado com a concentração no filtro externo. Esta diferença não é facilmente observável nas fotos.

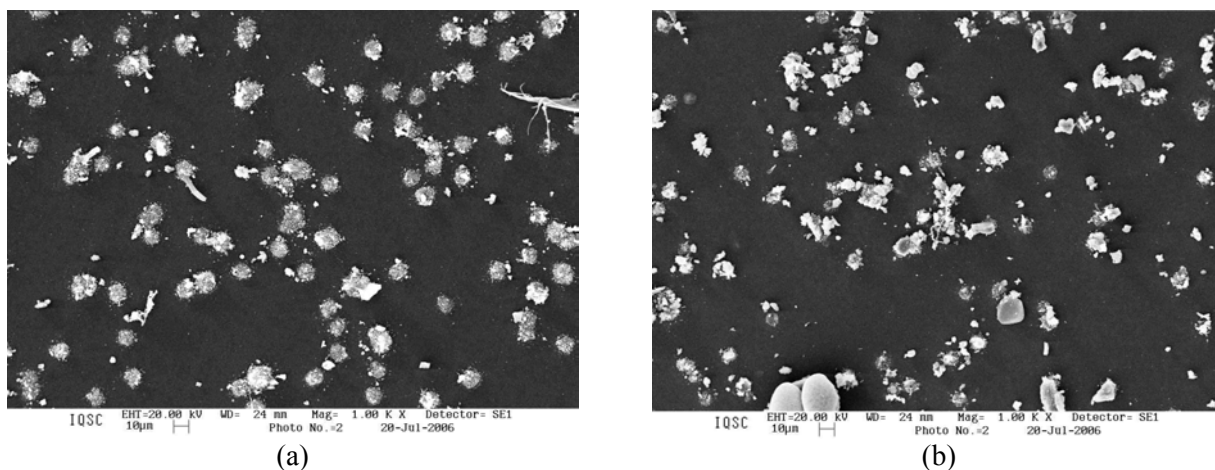


Figura 11 – Fotos ampliadas 1000 vezes no MEV: (a) Foto do filtro com particulado grosso coletado no exterior da célula teste; (b) Foto do filtro com particulado grosso coletado no interior da célula teste.

5. CONCLUSÃO

As fotos dos filtros obtidas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) confirmam a redução na concentração de particulado grosso no interior da célula teste com os coletores inerciais instalados nas aberturas, assim como mostram evidências do aumento na concentração de particulado fino no interior da célula teste com os anteparos instalados nas aberturas. Para o particulado fino, com os coletores inerciais instalados e para o particulado grosso, com os anteparos instalados nas aberturas da célula teste, a análise das imagens não permite a confirmação da redução ou do aumento na concentração de material particulado.

Os resultados mostram que os coletores inerciais além de permitirem a ventilação do ambiente interno, apresentam uma capacidade muito boa de retenção de material particulado grosso e apesar da pequena capacidade de retenção de material particulado fino, ela é significativa, pois nos ensaios com os anteparos instalados nas aberturas da célula teste, a concentração de particulado fino aumentou no interior. Diante dos resultados obtidos até o momento, o rendimento do coletor inercial foi considerado bom e a sua aplicação prática viável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KUKADIA, V.; PALMER, J. (1996) The effect of external atmospheric pollution on indoor air quality. In: 17th AIR INFILTRATION AND VENTILATION CENTRE (AIVC) CONFERENCE, 1996. Anais. Gothenburg, Sweden, Vol.1, p. 41.
- MACINTYRE, A. J. (1988) *Ventilação Industrial e Controle da Poluição*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 403 p.
- MATSUMOTO, E.; SIMABUCO, S. M.; PÉREZ, C. A.; NASCIMENTO FILHO, V. F. (2002) Atmospheric particulate analysis by synchrotron radiation total reflection (SRXRF). *X-Ray Spectrom.*, 31, p. 136.
- SEINFELD, J. H. (1986) *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. John Wiley & Sons, New York, 738 p.
- SEPPANEN, O. (1999) Ventilation strategies for good indoor air quality and energy efficiency. In: *IAQ and Energy 98: Using ASHRAE Standards 62 and 90.1*. ASHRAE, USA.
- STERN, A. (1977) *Air pollution—Engineering control of air pollution*. Academic Press, New York, 948 p.
- WARREN, P. R. (1987) Indoor air pollution and ventilation. BIBINF CIBSE Technical Conference, Supplement 1-2, June.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à FAPESP pelo auxílio financeiro concedido para o desenvolvimento deste projeto.