

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281716867>

Simulação de filtração de particulados de polietileno em cartuchos de poliacrilonitrila copolímero, poliéster e poliimida aromática.

Article · September 2011

CITATION

1

READS

37

3 authors, including:



Luciano Peske Ceron

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

91 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Modelos de filtração em meios filtrantes [View project](#)

Simulação de filtração de particulados de polietileno em cartuchos de poliacrilonitrila copolímero, poliéster e poliimida aromática

Me. Luciano Ceron, Dr^a Sandra Einloft e Dr^a Rosane Ligabue

O objetivo do estudo foi avaliar a filtração nas condições operacionais de formação e remoção de torta de polietileno em filtro cartucho plissado de não tecidos. Ensaio de 100 ciclos de filtração e limpeza foram realizados em unidade experimental, monitorando a emissão de particulados e a perda de carga residual. Os três tipos de não tecidos utilizados individualmente para a construção dos cartuchos foram de poliacrilonitrila copolímero, poliéster e poliimida aromática com morfologia verificada por MEV. O material particulado usado no experimento foi polietileno com diâmetro volumétrico de 0,1 a 50 μm . A filtração ocorreu com velocidade constante de ar em 5, 10 e 15 cm/s controlada em medidor de velocidade Autel, modelo MVP, simulando a entrada permanente de gases na câmara, ajustada pela rotação em compressor. Para o controle da pressão diferencial no filtro utilizou-se um equipamento Ecomatic, modelo ECO6. Foram ajustados no mesmo aparelho a duração do pulso de limpeza em 20 milissegundos e o período dos ciclos de limpeza a cada 2 minutos, para observar a influência da velocidade de filtração na variação de pressão residual. Os resultados obtidos indicaram que a poliimida aromática foi mais apropriada para a filtração de polietileno, por apresentar menores taxas de emissão de particulados e perda de carga, o que torna a operação economicamente mais vantajosa para a limpeza do cartucho e diminui o desgaste do não tecido. As menores velocidades de filtração em 5 cm/s foram as mais adequadas, por apresentarem menor perda de carga residual com rápida formação da torta de pó sobre as fibras, para proporcionar a filtração superficial.

Os cartuchos plissados têm sido largamente utilizados para a captação de particulados com diâmetros de 0,1 a 10 μm , visando o combate à poluição atmosférica originada dos mais diversos processos industriais e de extração, tais como: mineração, carvão, cimenteiras, cerâmicas, madeireiras, siderurgias e petroquímicas. Os principais motivos para a aplicação de cartuchos em filtros industriais são: (1) o custo relativamente baixo de implantação, (2) a recuperação de filtros subdimensionados, (3) a facilidade de operação e (4) a alta eficiência na remoção de particulados^[1].

O elemento filtrante tipo cartucho é um cilindro poroso permeável que pode ter diversas dimensões. Geralmente são cilíndricos, lisos, ranhurados, bobinados, plissados, sinterizados, com lâminas, fundidos e lenticulares. São compostos de uma carcaça de metal onde se fixa o meio filtrante, um não tecido plissado, com um adesivo a base inferior e tampão superior, ambos de metal (Figura 1). Os painéis são construídos em chapas de aço, com reforços para assegurar uma rigidez do conjunto, bem como resistir a uma pressão de aproximadamente 5 kPa. Desta forma, a construção fica vedada a intempéries e ao pó, mesmo sob as mais severas condições. Normalmente o cartucho é fixado no furo da chapa do espelho do filtro^[2].



Fotos: Divulgação Remmer

Figura 1 - Filtro cartucho plissado de poliimida aromática.

Filtração

O filtro de cartucho é uma concepção mais moderna que substitui em um grande número de casos o filtro de mangas. Sua principal característica é a elevada área filtrante disponível em cada cartucho, que torna o equipamento muito mais compacto, permitindo instalá-lo próximo às fontes geradoras e tornando-o ideal para aplicações em locais com espaço reduzido. São montados em vasos de pressão de diversos tamanhos e matérias-primas, usualmente destinados a separar material particulado, em processos de purificação de fluidos em geral^[2].

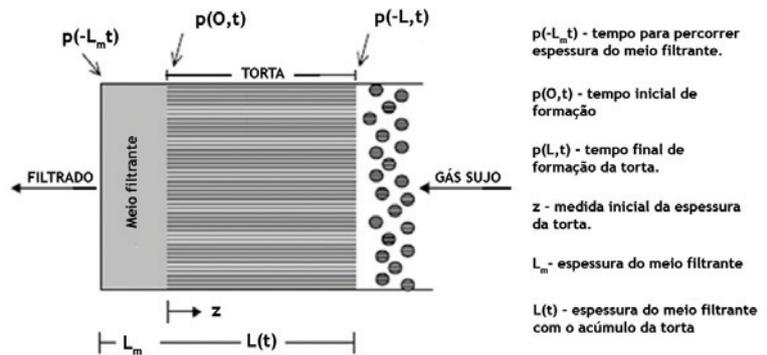


Figura 3 - Sistema de despoejamento

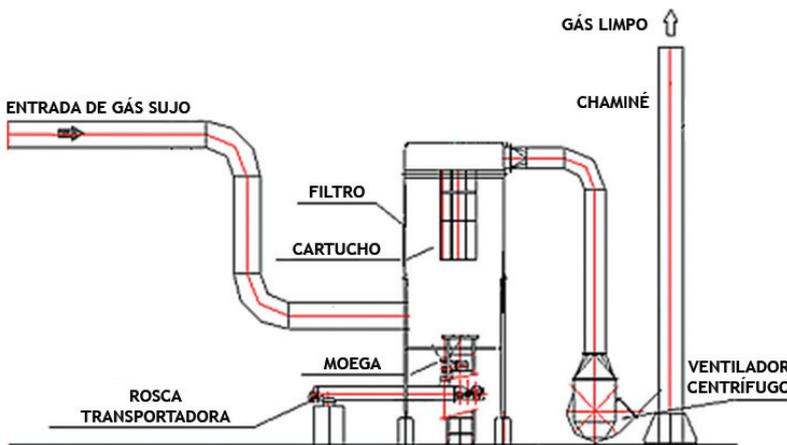


Figura 2 - Sistema de despoejamento

O aumento da área filtrante nos cartuchos, devido às plissas, reduz a relação ar-pano na filtração, ou seja, diminui a velocidade de filtração, melhorando o desempenho da filtração de particulados^[3]. O gás sujo que entra pelo coletor na parte inferior do corpo do filtro é dirigido para a moega, onde o particulado mais pesado é separado em rosca transportadora (Figura 2). O material menos denso é carregado junto com o gás para a parte intermediária do filtro, sendo forçado a passar através dos cartuchos filtrantes, onde o particulado é coletado. O gás limpo é, então, conduzido à parte superior e, em seguida, ao exaustor e à chaminé de descarga na atmosfera^[4].

A filtração em cartucho é feita de fora para dentro, com sentido radial, isto é, o fluido tem que atravessar a parede porosa do meio filtrante, que irá reter as partículas maiores que o tamanho dos poros (Figura 3). Uma vez formada uma camada uniforme de material particulado sobre os cartuchos, estes são removidos por um sistema de limpeza por jato de ar comprimido no sentido contrário ao da filtração. O pulso de ar comprimido é proporcionado em uma válvula diafragma pilotada por solenóide e controlada por um programador eletrônico, que

poderá ser acionado por tempo ou por diferença de pressão no interior do filtro^[5].

Perda de carga

O aumento da perda de carga do sistema ocorre à proporção que as partículas são depositadas, determinando a frequência de limpeza no filtro cartucho. A maioria dos filtros coletores de pó a perda de carga do tecido limpo (ΔP_0) apresenta um comportamento não linear com o tempo. Esse comportamento é resultante da compressibilidade da torta, com valores entre 60 a 200 Pa e a pressão máxima de operação (ΔP_{max}) tende a linearizar após a formação da torta, entre 500 a 2500 Pa, conforme mostra a Figura 4^[6].

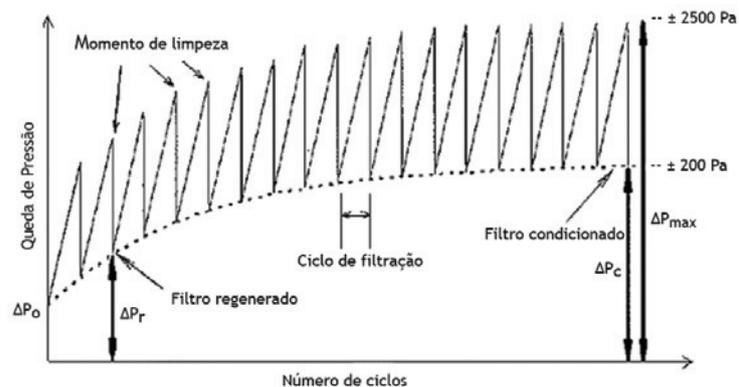


Figura 4 - Perda de carga e ciclos de limpeza

Poliimida aromática

A poliimida aromática representa uma importante fibra por apresentar vantagens como: excelente estabilidade térmica, resistência a solventes, boa resistência mecânica, boa tenacidade, excelente estabilidade dimensional, baixo coeficiente de atrito, baixa emissão de gases e resistência à fluência e ao desgaste^[7].

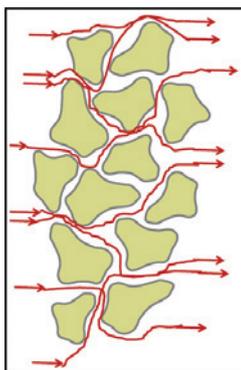


Figura 5 – Estrutura multilobal da poliimida aromática

Comparada com a tradicional forma cilíndrica das fibras, a principal vantagem da poliimida aromática é a sua estrutura multilobal. A seção transversal irregular dos poros (Figura 5), cujo formato oferece maior superfície filtrante, permite um ótimo fluxo de ar com maior probabilidade de incidência dos particulados finos por interceptação direta ou difusão nas fibras^[8].

Metodologia

Unidade experimental laboratorial

Os testes em protótipos foram realizados no Laboratório Têxtil da Renner Têxtil em parceria com PUCRS, seguindo a NBR 12019:1990 - Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fonte estacionárias - Determinação de materiais particulados. Foi monitorada a emissão de particulados e a perda de carga residual em 100 ciclos de limpeza avaliada nas velocidades de filtração em 5, 10 e 15 cm/s.

Para simular a condição de filtração de gases sujos que transportam os particulados para a câmara do filtro, utilizou-se ar comprimido gerado por Compressor Portátil Mega Air, modelo Ferrari com 1,5 CV e

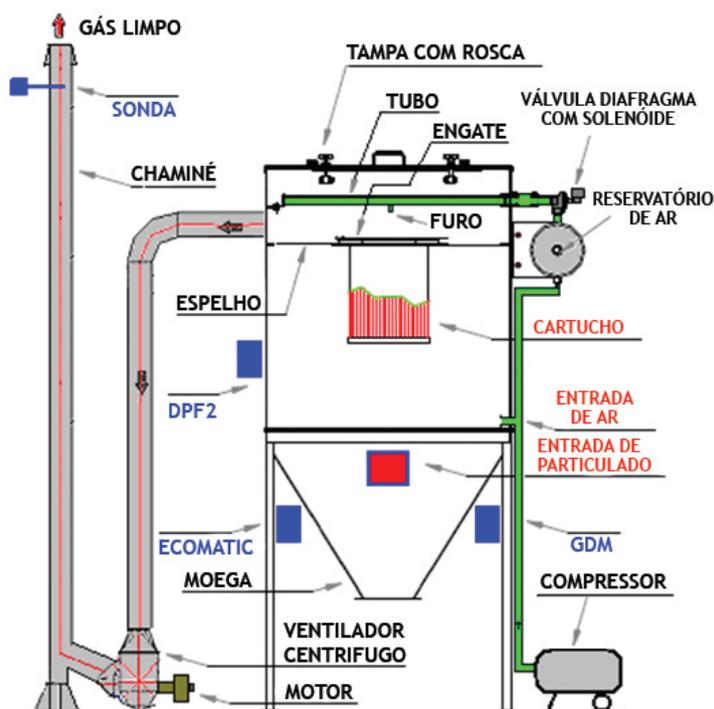


Figura 6 – Esquema geral do equipamento de filtração

115 libras de pressão. O volume de ar comprimido foi transportado para a câmara de filtração, através de mangueira conectada na base do filtro.

A filtração ocorreu com velocidade constante de ar, simulando a entrada permanente de gases na câmara, ajustada pela rotação no compressor. O controle da velocidade de filtração foi realizado por equipamento medidor de velocidade Autel, modelo MVP com base fixa de leitura digital. Utilizou-se outro aparelho medidor portátil, modelo DPF2, para checar à margem de resposta e exatidão dos resultados de velocidade. O equipamento de filtração, mostrado na Figura 6, é uma estrutura metálica de ferro fundido constituído das seguintes partes: entrada de gases e particulados, câmara de filtração, sistema de limpeza, conjunto de exaustão e controle de dados.

Entrada de gases e particulados

O sistema de alimentação dos particulados de polietileno é constituído por um funil central, localizado na parte superior da moega, por onde é colocado o pó com a moega fechada. A tubulação interna da alimentação possui um defletor, placa inclinada, para evitar a saída de particulados do filtro quando uma nova alimentação de pó é realizada com o filtro em funcionamento. A alimentação foi realizada após cada ciclo de limpeza, com duas entradas de 12,5 g de pó. Uma adição logo após o ciclo de limpeza e a outra depois de 60 segundos.

Câmara de filtração

A câmara de filtração suja é uma caixa retangular com 1000 mm de altura e 520 mm para as medidas de largura e profundidade. O cartucho foi fixado na parte superior da câmara por engate no espelho do filtro.

Sistema de limpeza

O sistema de limpeza contrafluxo é o responsável pela liberação de ar comprimido em forma de jatos pulsantes até o furo da tubulação, centrado no cartucho, para expelir os particulados retidos no não tecido. Utilizou-se um tanque pulmão de ar comprimido Autel alimentado por ar de instrumento em linha de serviço, ajustado com pressão em 4 bares. As válvulas são de 1 polegada, modelo Autel, que contém solenóides que modulam a sua abertura em função do tempo programado, deixando sair o jato de ar pela tubulação. O tubo fica na parte interna da câmara limpa, acima do espelho. Após cada ciclo de limpeza a moega era aberta rapidamente por aproximadamente 5 segundos, para recolher os particulados.

Conjunto de exaustão

O conjunto de exaustão é composto por uma tubulação externa fixada na câmara limpa, parte superior do filtro, para arrastar os gases filtrados. Foi

usado um ventilador centrífugo com motor WEG, modelo B56 de 0,75 CV para arraste dos gases limpos pela chaminé até a atmosfera.

Sistema de controle de dados

O controle das variáveis do processo de filtração foi realizado com três equipamentos eletrônicos para monitorar as variáveis de pressão, pulso e tempo de limpeza e a emissão de particulados. Para o controle da pressão diferencial entre as câmaras limpa e suja do filtro utilizou-se um sensor em cada câmara interligado a um equipamento programador eletrônico diferencial de pressão Ecomatic, modelo ECO6. Foram ajustados no mesmo aparelho a duração do pulso de limpeza em 20 milissegundos e o período dos ciclos de limpeza a cada 2 minutos para observar a influência da velocidade de filtração na variação de pressão residual. Os dados foram coletados no sistema do aparelho. Para monitorar a emissão de particulados foi usada uma Sonda Autel, modelo RP04, colocada na saída da chaminé. O monitoramento da sonda é por geração de corrente elétrica, pelo efeito triboelétrico de choque das partículas contra a haste. O medidor de particulado Autel, modelo GDM-1, registrou os resultados de emissão em mg/m^3 por apresentação gráfica na tela do equipamento.

Microscopia eletrônica de varredura

Neste trabalho o entendimento da morfologia das fibras é de extrema importância na justificativa das propriedades da filtração em não tecidos. Foi realizado no Centro de Microscopia Eletrônica da PUCRS em equipamento de microscopia eletrônica de varredura Philips, modelo XL 30, com tensão de aceleração de 20 kV. O preparo inicial das amostras foi realizado em metalizadora Bal-Tec, modelo SCD 005, por metalização com ouro.

Resultados e discussão

Unidade experimental laboratorial

Os resultados da unidade experimental em filtros cartuchos plissados de poliacrilonitrila copolímero, poliéster e poliimida aromática são mostrados respectivamente nas Figuras 7, 8 e 9. Os valores de perda de carga residual e emissão de particulados são apresentados em função do número de ciclos de limpeza, variando a velocidade de filtração em 5, 10 e 15 cm/s para os tipos de não tecidos.

Os modelos comparativos das curvas de filtração mostram a poliimida aromática com melhor desempenho em relação ao poliéster e poliacrilonitrila copolímero, pois têm menor perda de carga e emissão de particulados. Os gráficos do poli-

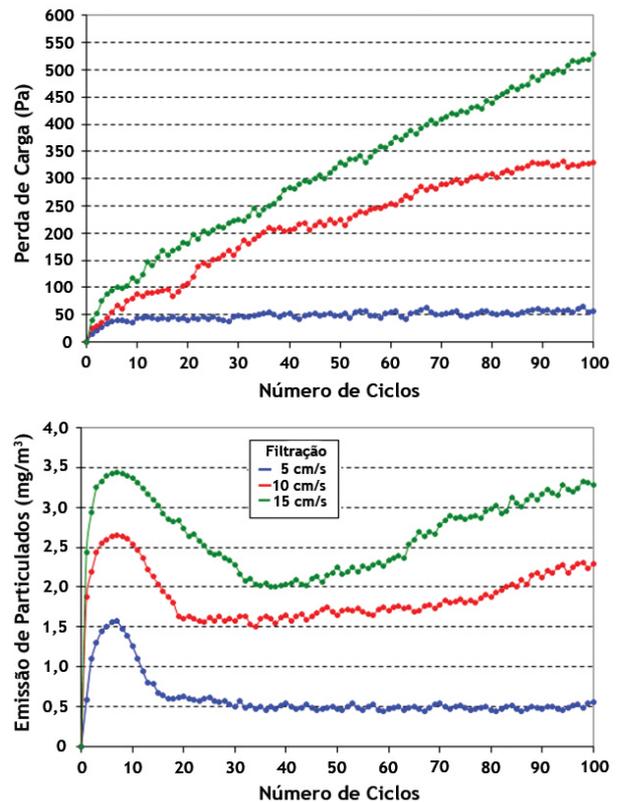


Figura 7 - Perda de carga e emissão de particulados para a poliacrilonitrila copolímero

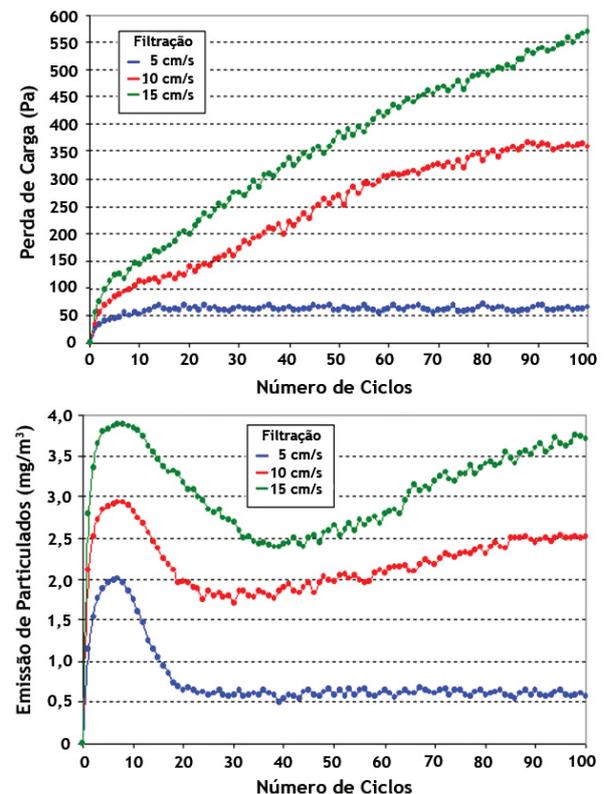


Figura 8 - Perda de carga e emissão de particulados para o poliéster

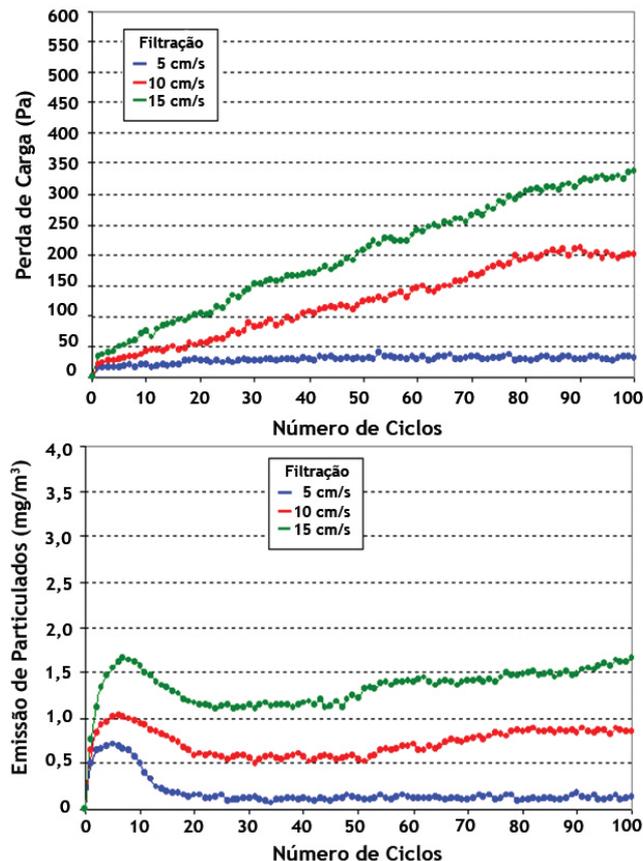


Figura 9 - Perda de carga e emissão de particulados para a poliimida aromática

éster e poliacrilonitrila copolímero apresentam maiores oscilações entre ponto a ponto, característica de maior variabilidade.

Para as curvas com velocidade de filtração em 10 cm/s a perda de carga residual teve uma forte influência com as partículas depositadas mais internamente no poliéster e poliacrilonitrila copolímero devido às estruturas mais abertas dos meios filtrantes, forma cilíndrica, ocorrendo à filtração por profundidade no primeiro momento. Logo, as partículas capturadas entre as fibras com estrutura multilobal da poliimida aromática, com maior superfície filtrante, provocaram uma menor perda de carga. Porém, após 75 ciclos de limpeza ocorreu antes a formação de torta de pó sobre as fibras de poliimida aromática. A partir deste momento começou a chamada filtração superficial, com estabilização da perda de carga. Já para o poliéster e poliacrilonitrila copolímero, na mesma velocidade de filtração, ocorreu a formação da camada de pó respectivamente em 85 e 88 ciclos. Segundo os estudos de Mauschitz et al., os aumentos da perda de carga residual com maior número de ciclos prejudica o desempenho do não tecido, causando um

menor tempo de vida útil do meio filtrante^[9].

As curvas mais convexas com 15 cm/s, maior perda de carga residual, até o número de ciclos estudados não foram suficientes para formar a torta de filtração, sendo necessário um número maior de 100 ciclos para ocorrer o saturamento superficial. Conforme Tanabe e Rodrigues, as maiores velocidades apresentam um incremento na profundidade de deposição de partículas no interior do meio filtrante, bem como maior acúmulo de particulados. Desta forma há razão do aumento na resistência do meio filtrante à passagem do ar, acarretando maiores valores de queda de pressão^[10-11].

Para as curvas de menor velocidade de filtração, 5 cm/s, a rápida saturação do meio filtrante é responsável pela coleta de menor quantidade de massa nos ciclos subsequentes, uma vez que as sucessivas limpezas de filtração levam a maior acomodação das partículas no interior das fibras. Os estudos de Tanabe com poliéster e Teixeira et al. com acrilonitrila, mostram que a deposição nos períodos iniciais de filtração não implicou nos entupimentos dos poros, mas numa distribuição mais homogênea das partículas no interior do não tecido. Os resultados são menores perdas de cargas residuais, tortas menos resistentes e uma maior eficiência de coleta de particulados com maior tempo de vida útil do meio filtrante^[10-12].

Quanto às emissões de particulados, avaliados comparativamente nos picos máximos das três curvas, a poliimida aromática apresentou uma emissão praticamente três vezes menor que o poliéster e poliacrilonitrila copolímero. A curva crescente na emissão é devida à fase inicial de não retenção de pó pelas fibras do meio filtrante, ocorrendo uma rápida emissão até 5 ciclos de limpeza. Posteriormente ocorreu a queda da curva, devido à impacção inercial dos particulados nas fibras internas do não tecido.

A formação da filtração superficial levou à estabilização das emissões nas curvas com 5 cm/s, embora com maiores oscilações no poliéster, devido à maior facilidade na quebra da torta de filtração. Na velocidade de 10 cm/s, a estabilização das emissões para os três materiais, coincide com a equalização da perda de carga residual. Já para as curvas de 15 cm/s, as emissões seguem a mesma tendência da perda de carga residual com crescimento constante das emissões, pois não ocorreu a formação da torta de filtração, facilitando a emissão pelo interior do meio filtrante.

Microscopia eletrônica de varredura

A estrutura multilobal das fibras dos cartuchos de poliimida aromática, como um emaranhado sobre-

posto, foi obtida por imagens ampliadas 400 vezes, onde se constatou uma variação no diâmetro entre 14 e 40 μm (Figura 10).

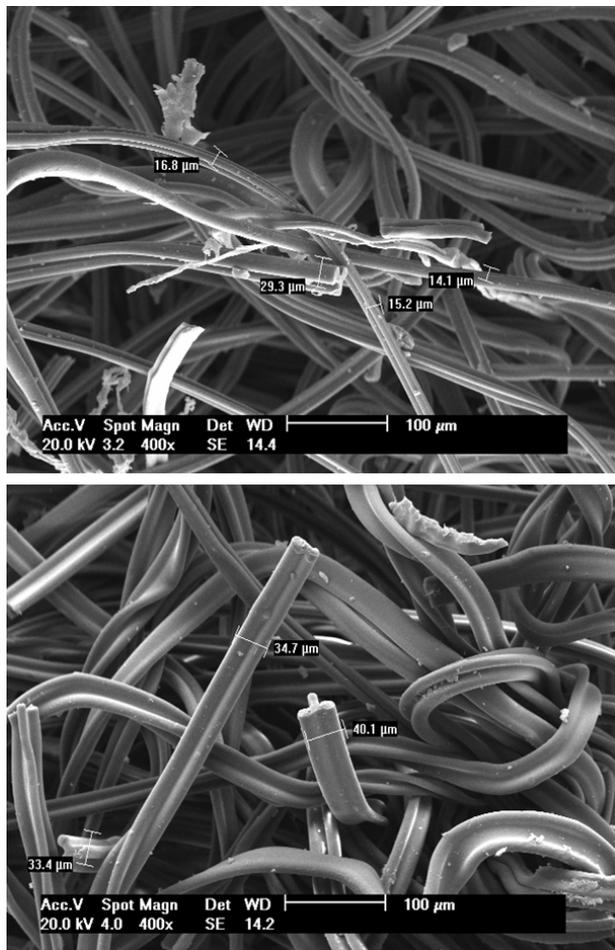


Figura 10 - MEV da fibra de poliimida aromática

Conclusões

Os resultados laboratoriais obtidos indicaram que o cartucho de poliimida aromática foi o mais apropriado para a filtração de particulados de polietileno, por apresentar menores taxa de emissão de particulados e perda de carga, o que torna a operação economicamente mais vantajosa para a limpeza e diminui o desgaste do não tecido. As menores velocidades de filtração em 5 cm/s foram as mais adequadas por apresentarem menor perda de carga residual com rápida formação da torta de pó sobre as fibras, para proporcionar a filtração superficial. No começo do processo de filtração pela poliimida aromática temos a fibra limpa (Figura 11-a) e após a deposição ocorre a formação da torta (Figura 11-b). Assim, forma uma área multilobal superior de acúmulo de particulados que garantem uma homogeneidade maior de filtração. Fibras com alta área de

captura proporcionam menor variação de perda de carga no filtro, devido a ter uma espessura de torta constante sobre o meio filtrante^[8]. Essa condição ficou mais visível na velocidade de 10 cm/s, onde a poliimida aromática formou a torta de pó com menor número de ciclos de limpeza.

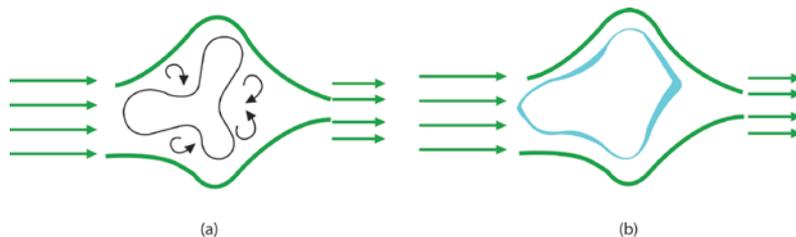


Figura 11 - (a) Fibra limpa; (b) Fibra com torta

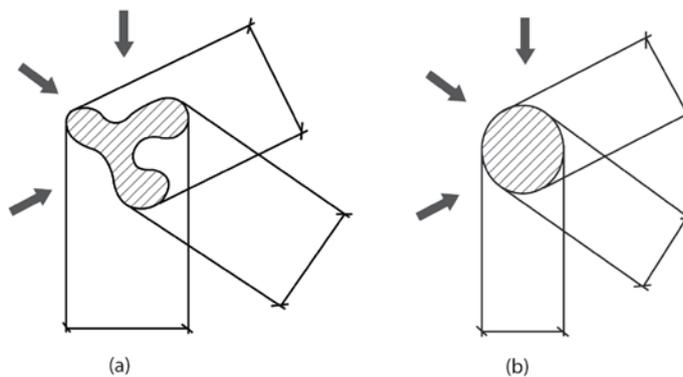


Figura 12 - (a) Diâmetro multilobal; (b) Diâmetro circular

A geometria multilobal das fibras de poliimida aromática (Figura 12-a) proporcionou um diâmetro aproximadamente 30% maior em relação às fibras circulares do poliéster e poliácrlonitrila copolímero (Figura 12-b), justificando a maior probabilidade de captura de particulados finos devido à maior área de contato com a fibra. **RMF**

Ver referências bibliográficas em nosso site: www.meiofiltrante.com.br



Me. Luciano Peske Ceron

Engenheiro Químico (PUCRS), Doutorando Engenharia de Materiais (PUCRS), Mestre Engenharia de Materiais (polímeros/não tecidos - PUCRS), Especializações em Gestão Ambiental (GAMA FILHO) e Gestão Empresarial (UFRGS). Tem experiência nas áreas:

petroquímica (polipropileno, polipropileno aditivado, PET, borracha sintética, etil-benzeno), têxtil (fabricação de não tecidos, mangas filtrantes, palmilhas, persianas de não tecidos e plásticas em PVC), calçados, papel e celulose, tratamento de água e efluentes, tecnologia da informação, logística por software e professor.
Ceron.Luciano@gmail.com
Tel.: (51) 9972-6534