

Desempenho de filtros contendo nanofibras e suas características

Original

Desempenho de filtros contendo nanofibras e suas características / Pianowski Salussoglia, A. I.; Guerra Béttega, V.; Tronville, PAOLO MARIA; Lopes Aguiar, M.. - ELETTRONICO. - 1:(2016), pp. 1-9. (Intervento presentato al convegno XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química tenutosi a Fortaleza (Brazil) nel 25-29 September 2016).

Availability:

This version is available at: 11583/2675998 since: 2017-07-07T11:42:05Z

Publisher:

Galoá

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)



XXI Congresso Brasileiro
de Engenharia Química

Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o
Ensino de Engenharia Química
Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro

DESEMPENHO DE FILTROS CONTENDO NANOFIBRAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

A. I. P. Salussoglia¹, V. G. G. Béttega¹, P. M. Tronville², M. L. Aguiar¹

¹ Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

² Politécnico di Torino, Dipartimento Energia

E-mail para contato: anaisabelaps@gmail.com

RESUMO – *O objetivo desse trabalho é comparar as características de dois meios filtrantes contendo nanofibras e avaliar como suas características influenciam no processo de filtração. Para tal finalidade foi realizada a caracterização dos meios filtrantes através de imagens geradas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia confocal por meios dos quais se obtiveram o diâmetro médio das fibras, a porosidade e a rugosidade dos meios filtrantes. A eficiência de coleta e a permeabilidade dos meios filtrantes foram obtidas através de um aparato experimental. Os ensaios foram realizados em triplicata e a área de filtração foi de 5,3 cm². Para a determinação da eficiência de coleta foram utilizadas nanopartículas de NaCl e velocidade de filtração de 5 cm/s. A permeabilidade foi calculada através da equação de Darcy. O filtro 2 possui maior quantidade de fibras que o filtro 1. Para o filtro 1 o diâmetro médio de fibras foi de 0,24±0,10 μm, a porosidade de 51,26±3,62 %, a permeabilidade média de 3,99.10⁻⁰⁸ cm², a rugosidade de 3,18 μm e a eficiência de coleta de 73,50±0,06 %. Para o filtro 2 os dados foram de 0,09±0,03 μm de diâmetro médio, 65,85±5,63 % de porosidade, 8,23.10⁻⁸ cm² permeabilidade média, 0,95 μm rugosidade e 86,20±0,08 % eficiência de coleta. Comparando os meios filtrantes o filtro 2 mostrou-se melhor.*

1. INTRODUÇÃO

Filtros contendo nanofibras geralmente possuem dupla camada. Nos quais, a camada superior é a camada de nanofibras e a inferior é de microfibras, denominada substrato. A camada de nanofibras é depositada em maioria pelo método de *electrospinning* sobre o substrato.

A caracterização deste tipo de meio filtrante é laboriosa devido à dimensão nanométricas das fibras. Para realiza-la é necessário utilizar microscópios eletrônicos. Deste modo, é possível observar sua estrutura e por meio de tratamento computacional das imagens obter dados.

Sabe-se que o diâmetro das fibras é um parâmetro relevante na retenção de partículas. Bortolassi et al. (2015) adaptaram um método para medir o diâmetro médio de fibras baseados em imagens de microscopia eletrônica de varredura e tratamento computacional das imagens.

PROMOÇÃO

REALIZAÇÃO

ORGANIZAÇÃO



A porosidade é um fator pertinente na determinação da eficiência de coleta. E pode ser definida como a razão entre o volume de vazios do meio filtrante e o volume total. Ghasemi-Mobarakeh et al. (2007) obtiveram bons resultados analisando a porosidade de meios filtrantes contendo nanofibras por meio da binarização de imagens MEV, calculada pela equação:

$$P = \left(1 - \frac{n}{N}\right) * 100 \quad (1)$$

em que, P é a porosidade, n é o número de pixels brancos e N é o número total de pixels da imagem.

Outros parâmetros como eficiência de coleta e permeabilidade podem ser medidos através de ensaios usuais. A eficiência de coleta é comumente denominada como a fração de partículas retidas no meio filtrante. Pode ser calculada através da equação:

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \quad E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \quad E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \quad E = \frac{C_0 - C_E}{C_0} \quad (2)$$

na qual E representa a eficiência de coleta, C_0 a concentração de partículas antes e C_1 a concentração de partículas após a passagem pelo filtro.

A permeabilidade, outro importante parâmetro, determina a resistência do fluido ao percorrer o filtro. É relevante saber que altos valores de permeabilidade estão associados a baixos valores de eficiência. A permeabilidade pode ser calculada através da equação de Darcy:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu \cdot v_s}{k_f} \quad \frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu \cdot v_s}{k_f} \quad (3)$$

em que ΔP é queda de pressão, L a espessura do meio filtrante, μ representa a viscosidade do fluido, v_s a velocidade superficial do fluido e k_f é a constante de permeabilidade do meio filtrante.

Um parâmetro usualmente utilizado para comparar diferentes tipos de meios filtrantes é o fator de qualidade, que pode ser calculado pela equação:

$$q_f = \frac{\ln((1/(1-E)))}{\Delta P} \quad q_f = \frac{\ln((1/(1-E)))}{\Delta P} \quad (4)$$

na qual, q_f é fator de qualidade, E é eficiência de coleta e ΔP é queda de pressão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Dois meios filtrantes, compostos de uma camada de microfibras (celulose) coberta por nanofibras (poliméricas), foram utilizados neste trabalho. O desempenho dos meios filtrantes foi medido através da eficiência de coleta de nanopartículas. E a caracterização foi realizada através da determinação da permeabilidade, da porosidade, da rugosidade dos meios filtrantes e do diâmetro médio de suas fibras.

2.1. Unidade experimental

A unidade experimental utilizada para os testes de permeabilidade e de eficiência de coleta esta exposta na Figura 1.

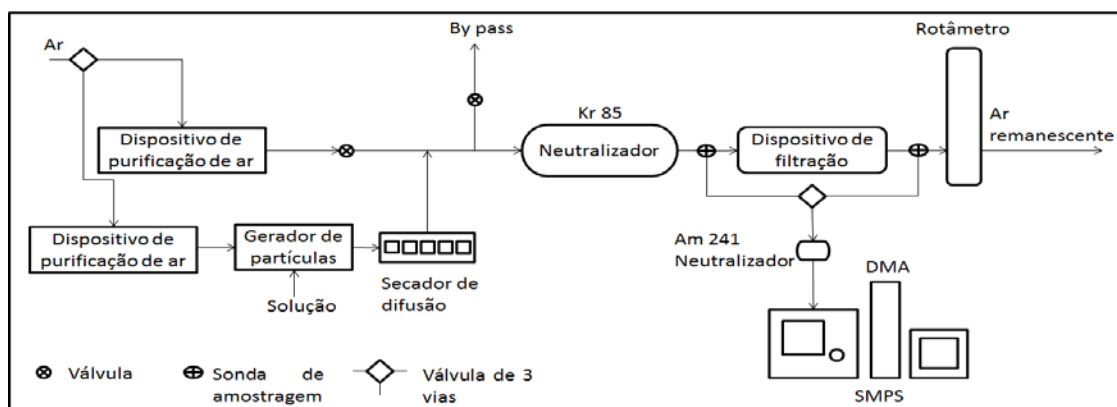


Figura 1 – Unidade experimental.

2.2. Caracterização do meio filtrante

As imagens dos meios filtrantes foram obtidas utilizando Microscopia Eletrônica Varredura (Modelos Philips XL-30 FEG e Magellan 400L).

O diâmetro médio foi determinado pelo método utilizado por Bortolassi et al. (2015) utilizando 4 imagens para o filtro 1 e 6 imagens para o filtro 2. A porosidade foi obtida pelo método de Ghasemi-Mobarakeh et al. (2007), utilizando as mesmas imagens e medindo a quantidade de pixels através do software Image Pro-Plus 7.0.

Para determinação da permeabilidade foram pré-estabelecidos oito pontos de velocidade superficial do fluido que variaram de 1 a 16 cm/s. Em cada um dos pontos foi medida a queda de pressão utilizando um manômetro digital (Modelo 9555-P, TSI). A viscosidade superficial do fluido foi considerada $1,74 \cdot 10^{-7}$ Pa s e a área de filtração foi de $5,3 \text{ cm}^2$. Os dados foram corrigidos para temperatura e pressão ambientes. Os testes de permeabilidade foram realizados em triplicata foi feita a média dos valores de queda de pressão para cada triplicata e então, gerado o gráfico de velocidade superficial de filtração em função queda de pressão. Através da linha de tendência linear do gráfico e a Equação 3 foi possível encontrar a permeabilidade para cada meio filtrante.

A rugosidade do meio filtrante, que influencia na maneira de como a torta de filtração se estabelece, foi obtida por meio do Microscópio Óptico Confocal (*Olympus*) com parâmetro de análise P no modo de *scan ultra fast*.

2.3. Eficiência de coleta

Para eficiência de coleta foram utilizadas nanopartículas geradas por um inalador comercial NS (Modelo R-205), a partir de uma solução de 5 g/l de NaCl (Chemis). Sob pressão de geração de 17236,9 Pa, velocidade de filtração de 5 cm/s e área de filtração foi de 5,3 cm². Foi medida a concentração de nanopartículas antes e após a filtração após um período de 2 horas. E por meio da Equação 1 foi possível calcular a eficiência de coleta para cada filtro. Os testes foram realizados em triplicata.

Para fins de comparação foi calculado o fator de qualidade, por meio da Equação 4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FILTRANTE

As imagens dos filtros obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) está apresentada na Figura 2. É possível observar que o filtro 2 possui maior quantidade de nanofibras que filtro 1.

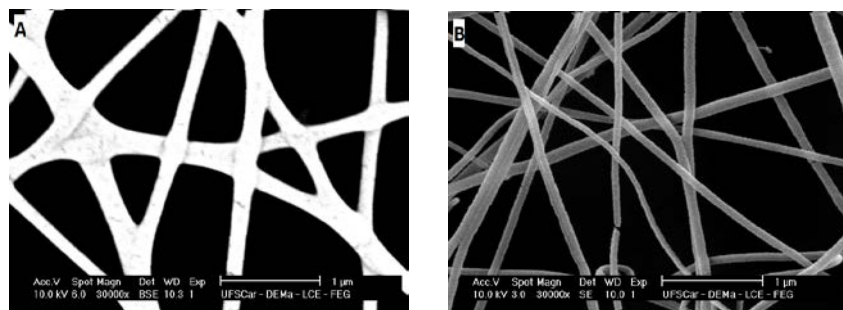


Figura 2 – Imagens por Microscopia eletrônica de Varredura para os (A) filtro 1, (B) filtro 2.

Os diâmetros das fibras foram obtidos através do software Image-Pro Plus 7.0. A Tabela 1 mostra a média dos diâmetros de fibras, o desvio padrão e a quantidade de diâmetros medida para cada meio filtrante.

Tabela 1 – Média dos diâmetros de fibras para o filtro 1 e 2.

Meio filtrante	Filtro 1	Filtro 2
Diâmetro médio (µm)	0,24	0,09
Desvio padrão	0,10	0,03
Número de diâmetros	426	324

O filtro 2 apresentou menor diâmetro médio de fibra comparado ao filtro 1. Os diâmetros médios de fibras são 0,24 e 0,09 μm para os filtro 1 e filtro 2, respectivamente.

Para porosidade, calculada pela Equação 1, o filtro 1 possui menor porosidade de $51,26 \pm 3,62 \%$, enquanto que a porosidade do filtro 2 foi de $65,85 \pm 5,63 \%$.

A permeabilidade foi calculada através da Equação de Darcy. Para isto, foi medida a queda de pressão em pontos pré-estabelecidos de velocidade superficial do fluido que variaram de 1 a 16 cm/s. A Tabela 2 indica as médias de queda de pressão para cada meio filtrante.

Tabela 2 – Média das quedas de pressão para filtro 1 e filtro 2.

Velocidade (cm/s)	Média de queda de pressão (Pa)	
	Filtro 1	Filtro 2
1	12,23	8,93
2	19,53	13,73
3	39,27	27,73
5	60,57	41,23
6	81,63	55,83
9	115,47	80,57
13	161,03	112,07
16	207,37	140,83

O filtro 1 apresentou maiores valores de queda de pressão. A Tabela 3 contém os valores da permeabilidade média dos filtros e os coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 3 – Média das permeabilidades e coeficiente de determinação (R^2) para o filtro 1 e 2.

	Filtro 1	Filtro 2
Média de permeabilidade (cm^2)	$3,99 \cdot 10^{-08}$	$8,23 \cdot 10^{-08}$
R^2	0,9992	0,9996

É possível observar que as curvas se ajustaram a uma reta, pois apresentaram valores de R^2 superiores a 0,99. O filtro 1 apresentou menor permeabilidade, de $3,99 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$, enquanto que para o filtro 2 foi de $8,23 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$.

A Figura 4 exibe a área utilizada para obtenção da rugosidade superficial.

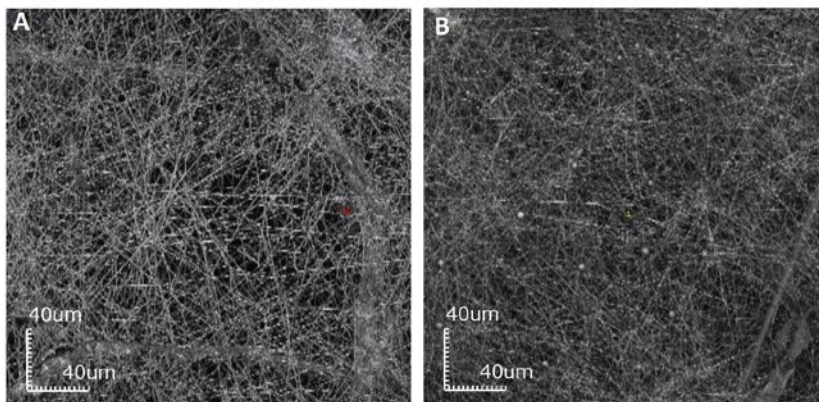


Figura 4 – Imagem utilizada para a obtenção da rugosidade superficial (A) filtro 1 e (B) filtro 2.

O filtro 1 obteve a rugosidade média de 3,18 μm enquanto que o filtro 2 foi de 0,95 μm .

3.2.EFICIÊNCIA DE COLETA

Para ser avaliada a eficiência de coleta, é necessária a caracterização das nanopartículas. Os diâmetros das nanopartículas foram medidos utilizando SMPS. A Figura 5 exibe a concentração de partícula em função do diâmetro de partícula. Os diâmetros das nanopartículas, geradas com solução de 5 g/l de NaCl, variaram de 10,6 a 495,8 nm. É possível observar, por meio da Figura 5, que a maior concentração das nanopartículas encontra-se em torno de 45 nm.

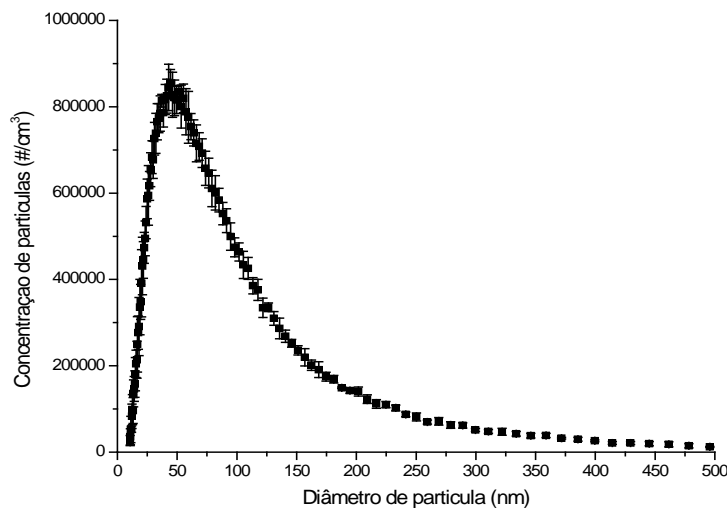


Figura 5 – Caracterização das nanopartículas.

A eficiência de coleta, obtida pela Equação 2, pode ser vista na Figura 6 para filtro 1 e 2.

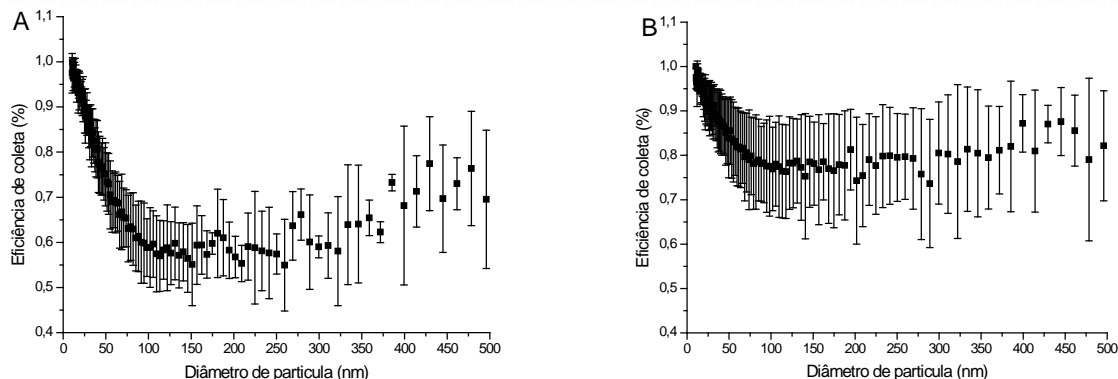


Figura 6 – Média de eficiência de coleta do (A) filtro 1 e (B) filtro 2.

O comportamento de coleta de nanopartículas para os filtros foram semelhantes. Iniciando em torno de 97 % para partículas de 10,6 nm, decaindo e em seguida voltando a subir. Deferindo entre um e outro, que para o filtro 1 a ascensão inicia-se em torno de 151,2 nm e para o filtro 2 em torno de 201,7 nm. A eficiência de coleta dos meios filtrantes pode ser vista na Tabela 4.

Tabela 4 – Eficiência de coleta para o filtro 1 e 2.

	Filtro 1	Filtro 2
Eficiência de coleta (%)	73,50	86,20
Desvio padrão	0,06	0,08

O filtro 2 apresentou maior eficiência de coleta de $86,20 \pm 0,08\%$, enquanto que o filtro 1 foi de $73,50 \pm 0,06\%$.

Sambaer et al. (2012) mediram eficiência de coleta, com partículas geradas a partir de solução de sulfato de amônio 1 g/l, de meios filtrantes composto por múltiplas camadas de nanofibras. O meio filtrante com eficiência de coleta de $88,50 \mp 1,40\%$ apresentou comportamento da curva de eficiência de coleta em função diâmetro de partícula semelhante a letra “u” com menor eficiência em 70nm. Este comportamento pode ser comparado aos dados obtidos neste trabalho. O filtro 2 apresentou comportamento similar considerando o desvio padrão e que a menor eficiência foi em torno de 201,7 nm. Já, o comportamento para o filtro 1 foi semelhante, divergindo apenas na parte final que não voltou a aumentar acentuadamente e que a menor eficiência foi em torno de 151,2 nm.

O fator de qualidade foi de $2,19 \text{ kPa}^{-1}$ para o filtro 1 e $4,80 \text{ kPa}^{-1}$ para o filtro 2. Utilizando a queda de pressão para 5 cm/s, Tabela 2, e eficiência de coleta, Tabela 4. Segundo Hinds (1999) o melhor filtro é aquele que possui maior eficiência de coleta com a menor queda de pressão. Deste modo, maiores valores de fator de qualidade representam melhores filtros. Logo, o filtro 2 é melhor que o filtro 1.

Payen et al. (2015) testaram filtros com diâmetro de fibra unimodal que variaram entre 28,2 e 10,9 μm para testes que confirmaram que a diminuição dos diâmetros das fibras



XXI Congresso Brasileiro
de Engenharia Química

Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o
Ensino de Engenharia Química
Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro

melhoram a eficiência de filtração em detrimento da permeabilidade das partículas. E, Wang et al. (2007) perceberam que o aumento na quantidade de nanofibras acarreta no aumento da eficiência de coleta e queda de pressão.

Comparando os dois filtros, o filtro 2 apresentou a maior eficiência de coleta que o filtro 1. É importante destacar que a permeabilidade do filtro 2 foi maior que o filtro 1, sugerindo que esse deveria ser menos eficiente. No entanto, o diâmetro médio de fibras e a rugosidade média do filtro 2 foram menores do que o filtro 1. E a porosidade e a quantidade de fibras depositadas no filtro 2 são maiores, veja Figura 1. Logo, a melhor eficiência de coleta pode estar ligada a parâmetros como diâmetros médios de fibras, quantidade de fibras, rugosidade e diferença nos substratos dos meios filtrantes.

A porosidade está de acordo, pois um alto valor de porosidade ocasiona uma alta permeabilidade. E o fator de qualidade mostrou que o filtro 2 é melhor que o filtro 1.

Os dados de diâmetro de fibras, permeabilidade e eficiência de coleta utilizados neste trabalho foram retirados do trabalho de Salussoglia et al., (2016).

4. CONCLUSÕES

O filtro 2 comparado ao filtro 1 apresentou maior eficiência de coleta, permeabilidade, porosidade e quantidade de fibras. Enquanto que diâmetro de fibra e rugosidade superficial do filtro 2 foi menor que do filtro 1.

O comportamento de coleta de nanopartículas para os filtros foram semelhantes.

5. REFERÊNCIAS

BORTOLASSI, A. C. C; GUERRA, V. G.; AGUIAR, M. L. Characterization and Performance of Different Fibrous Filter Media for Collecting Nanoparticles. FILTECH 2015, G11, AIR FILTERS, HEPA, 2015.

GHASEMI-MOBARAKEH, L.; SEMNANI, D.; MORSHED, M. A Novel Method for Porosity Measurement of Various Surface Layers of Nanofibers Mat Using Image Analysis for Tissue Engineering Applications. Wiley InterScience, p. 2536-2542, 2007.

HINDS, W.C. Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, Second. Edition, Wiley, New York, 1999.

SAMBAER, W.; ZATLOUKAL, M.; KIMMER, D. 3D Air Filtration Modeling for Nanofiber Based Filters in the Ultrafine Particle Size Range. Chemical Engineering Science, p. 299-311, 2012.

PAYEN, J.; VROMAN, P.; LEWANDOWSKI, M.; PERWUELZ, A.; CALLÉ-CHAZELET, S.; THOMAS, D. Influence of Fiber Diameter, Fiber Combinations and Solid Volume Fraction on Air Filtration Properties in Nowovens. Textile Research Journal, p. 1948-1959, 2012.

PROMOÇÃO

REALIZAÇÃO

ORGANIZAÇÃO





XXI Congresso Brasileiro
de Engenharia Química

Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o
Ensino de Engenharia Química
Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro

WANG, J.; KIM, S. C.; PUI, D. Y. H. Investigation of the Figure of Merit for Filters with a Single Nanofiber Layer on a Substrate. *Journal of Aerosol Science*, p. 323 – 334, 2007.

SALUSSOGLIA, A. I. P.; BETTEGA, V. G. G.; TRONVILLE, P. M.; AGUIAR, M. L. Caracterização e Desempenho de Filtros com Nanofibras e HEPA Utilizando Nanopartículas. *Meio Filtrante*, p. 14-20, 2016.

PROMOÇÃO

REALIZAÇÃO

ORGANIZAÇÃO

