

NÃO TECIDO DE POLIÉSTER PLISSADO PARA FILTRAÇÃO DE PARTICULADOS FINOS

NON-WOVEN POLYESTER RUFFLE FILTRATION OF FINE PARTICULATE

DR. LUCIANO PESKE CERON¹, DR^a SANDRA MARA OLIVEIRA EINLOFT²,
DR^a ROSANE ANGÉLICA LIGABUE³

¹Dr. Engenharia e Tecnologia de Materiais - PUCRS, Faculdade de Engenharia Química - luciano.ceron@pucrs.br

²Pós-Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PUCRS, Faculdade de Química - einloft@pucrs.br

³Pós-Doutorado em Química - PUCRS, Faculdade de Química - rligabue@pucrs.br

Revisão: Diego Luís dos Santos

RESUMO

O chumbo é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana, sendo o mais utilizado dos metais não ferrosos. O maior uso do chumbo é em indústrias de óxidos de chumbo, fabricação de baterias e reciclagem do chumbo industrializado. Este artigo apresenta uma alternativa de produção tecnológica mais limpa e economicamente viável, integrada aos processos industriais de filtração de chumbo, com aplicação de mangas plissadas de poliéster em empresas deste setor, substituindo as mangas convencionais de não tecidos. Os resultados mostram a diminuição de emissão para a atmosfera, devido a uma maior área

útil das mangas plissadas e consequente maior eficiência de captação de particulados de chumbo.

Palavras-chave: Manga Plissada, Não tecido, Particulados.

ABSTRACT

Lead is recognized by the World Health Organization as one of the most hazardous chemicals to human health, the most widely used non-ferrous metals. The largest use of lead is in industries oxides of lead, battery manufacturing and recycling of industrial lead. This article demonstrates an alternative cleaner production technology and cost-effective, integrated industrial

processes lead filtering, applying sleeves pleated company in this sector, replacing the sleeves conventional non-woven. The measured results show a decrease of emission to the atmosphere, due to a higher floor area of pleated and consequent greater capture efficiency of particulate lead.

Keywords: Pleated; Non-Woven; Particulates.

1. INTRODUÇÃO

Problemas advindos da poluição atmosférica variam em diferentes partes do mundo; reduzir tal poluição requer adoção de estratégias próprias para fontes e tipos específicos de poluentes. Estratégias razoáveis para o controle da poluição atmosférica são aquelas que visam reduzir, coletar, capturar ou reter os poluentes antes que eles atinjam à atmosfera (ASSUNÇÃO, 1998).

O chumbo existe na crosta terrestre em pequenas quantidades e está presente na forma de diversos compostos, nomeadamente na forma de acetato, cloreto, cromato, nitrato e óxido. Os efeitos produzidos pelo chumbo são independentes da via de exposição (inalação ou via oral) e correlacionam-se com os níveis sanguíneos (TOCCHETTO, 2005).

No Homem, os principais efeitos resultantes da exposição crônica ao chumbo afetam o sistema nervoso. Quantidades entre 40 a 60 µg/dL provocam sintomas neurológicos, enquanto valores de 30 a 40 µg/dL

são responsáveis pela diminuição da condução dos impulsos nervosos em nível dos nervos periféricos. As crianças são particularmente sensíveis aos efeitos neurotóxicos do chumbo. Existem evidências de que níveis sanguíneos de 10 a 30 µg/dL ou mesmo inferiores, podem afetar o limiar da audição e o crescimento em crianças. A exposição crônica ao chumbo pode também ser responsável por efeitos no sangue, nomeadamente anemia, na pressão arterial, na função renal e por interferência no metabolismo da vitamina D (BARROS, 2000).

Os filtros de mangas de jato pulsante, instalados em empresa de produção de baterias, apresentava alta emissão de particulados depois de algum tempo de uso das mangas filtrantes convencionais em poliéster, não alcançando a legislação pertinente no CONAMA nº 382 de 2006. Esta estabelece os limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos, gerados em processos de fusão secundária de chumbo, conforme a Tabela 1.

O meio filtrante de plissados é um não tecido fabricado pelo processo spunbonded, onde as fibras são calandradas sob calor e pressão, garantindo não haver variação na permeabilidade, proporcionando maior eficiência de filtração, cerca de duas vezes maiores que as mangas convencionais. O projeto é economicamente favorável devido à maior área útil do elemento filtrante, pois a saturação do têxtil fica retardada, aumentando a vida útil do plissado (RENNER TEXTIL, 2001).

Tabela 1. Limites de emissão em mg/Nm³ para poluentes atmosféricos.

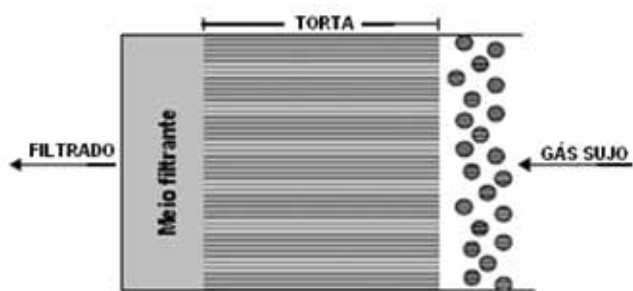
Processos com chumbo	M.P.	SO ₂	Pb
Recuperação de chumbo	50	500	5,0
Refino de chumbo	N.A.	N.A.	0,2
Produção de óxido de Pb ou zarcão	N.A.	N.A.	5,0
Produção de grades para baterias	N.A.	N.A.	0,4
Linha de produção de baterias	N.A.	N.A.	1,0
Preparo de massa	N.A.	N.A.	1,0
Empastamento	N.A.	N.A.	1,0
Moinho de óxido	N.A.	N.A.	1,0
Produção de sais de chumbo	N.A.	N.A.	1,0
Soldas de chumbo	N.A.	N.A.	1,0
Banhos de chumbo	N.A.	N.A.	0,2

1.1. Filtração de Particulados

Em indústrias de chumbo a maior dificuldade é a minimização dos particulados de chumbo para o meio ambiente, visto que a legislação pertinente no CONAMA nº 382 estabelece o limite máximo de emissão de chumbo em 5 mg/Nm^3 e o total de material particulado em 50 mg/Nm^3 , gerados em processos de fusão secundária de chumbo. A melhor condição de operação de filtração de material particulado é a combinação entre a máxima eficiência de coleta e a mínima perda de carga. Os tecidos utilizados nesses equipamentos são muito importantes para o desempenho dos filtros, uma vez que as propriedades do elemento coletor devem ser compatíveis com o gás e o pó coletado, de acordo com as suas características térmicas, físicas e químicas (DIAS, 2008).

A filtração é a passagem de um gás “sujo” por um meio filtrante, que separa as partículas da corrente gasosa, formando uma camada de pó sobre a sua superfície. Essa camada de pó chamada de torta de filtração, com o decorrer da filtração, também passa a exercer o papel de superfície filtrante, mostrado na Figura 1. Com o passar do tempo a espessura da torta vai aumentando, assim como a perda de carga no filtro, até alcançar um valor de $150 \text{ mmH}_2\text{O}$. Alcançado esse valor a torta de pó deve ser removida da superfície do não tecido (TOMAZZONI, 2007).

Figura 1. Filtração de particulados.



Fonte: DIAS (2008).

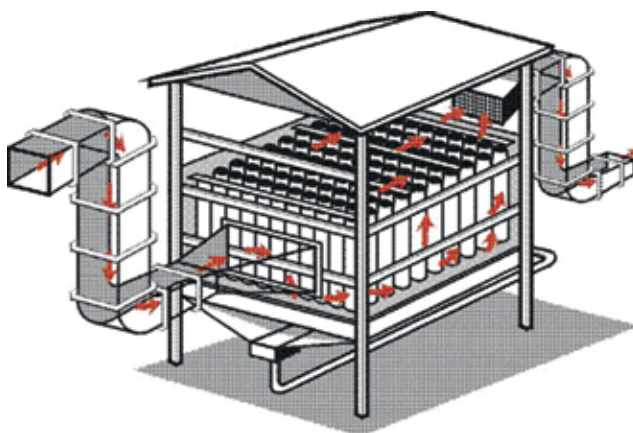
1.2. Filtro

Do latim *filtru*, o termo filtro significa feltro que é um elemento que deixa passar ou barrar determinado produto, elemento ou energia de acordo com o uso físico que se dá a este. Em mecânica e hidráulica - um filtro é qualquer peça de material poroso (papel, cerâmica, tela, têxtil, etc), que tenha pequenos orifícios, através dos quais se faz passar um líquido ou gás. No

processo de filtração de gases são retiradas partículas sólidas dispersas do meio gasoso. Pode ser também um sistema que purifica, fazendo passarem fluídos por peças ou componentes de materiais porosos em filtro de não-tecido, retendo os componentes indesejados no processo de filtração (DICKENSON, 1994).

O princípio de funcionamento de um sistema de filtração de particulados: o ar é carregado de impurezas, entra no filtro pela moega inferior e movimenta-se para cima, já com velocidade reduzida. As partículas são retidas na parte externa das mangas, enquanto o ar atravessa as mesmas. O ar filtrado é expelido para a atmosfera ou retorna ao processo, conforme mostra a Figura 2 (RENNER TÊXTIL, 2001).

Figura 2. Sistema de filtração de particulados.



Fonte: RENNER TÊXTIL (2001).

O projeto de um filtro de não tecido requer considerações de muitos parâmetros, nos quais os principais são a área de filtragem, perda de carga, mecanismo de limpeza e configuração das mangas (TOMAZZONI, 2007). O tamanho do filtro de não-tecido é determinado pela área requerida para filtrar os gases, a qual é função da velocidade de filtragem escolhida. Embora altas velocidades estejam associadas a altas perdas de cargas, elas também reduzem a área requerida.

A velocidade dos gases irá depender do método de limpeza, do material das mangas e das características das partículas. Em geral, para filtros com fios tecidos, a velocidade é de 0,45 a 0,90 m/min e para os não tecidos pode chegar de 1,1 a 4,5 m/min (RENNER TÊXTIL, 2001).

A deterioração dos filtros pode ocorrer devido a excesso térmico, stress mecânico provocado por repetidas flexões, ataques químicos e abrasão (TOMAZZONI, 2007).

1.3. Mangas Convencionais de Poliéster

O têxtil utilizado na confecção de mangas filtrantes para a filtração de chumbo, normalmente é de poliéster, que possui a configuração e montagem, conforme mostra a Figura 3. Este não-tecido de poliéster é produzido pelo processo de agulhagem, termofixação, calandragem e chamuscagem (RENNER TÊXTIL, 2001).

Os não-tecidos trançados possuem uma eficiência inicial relativamente baixa, porque apenas a superfície do meio filtrante oferece resistência às partículas em suspensão. Após se iniciar a formação da torta, esta colabora com o processo, uma vez que passa a fazer parte do filtro. Porém, a espessura da torta cresce gradativamente e, consequentemente, vai aumentando a perda de carga no filtro, tornando-se necessário efetuar uma limpeza periódica do mesmo, para remover a torta, e manter assim o filtro em condições novamente favoráveis de operação (DIAS, 2008).

A limpeza das mangas consiste na injeção de ar comprimido de forma contínua e automática, através de aceleradores do tipo venturi, montados no plenum superior do filtro, um para cada manga. O ar comprimido nos venturis induz uma grande quantidade de ar secundário, criando uma onda de choque, com respectivo movimento simétrico no tecido filtrante, des-

locando as partículas para a moega de retenção (Figura 3). O tempo de injeção do ar comprimido em cada fila de mangas, assim como a intermitência, ou seja, o período decorrido entre a limpeza de uma fila e a subsequente é comandado por um temporizador eletrônico de circuitos integrados (AR AMBIENTAL, 2004).

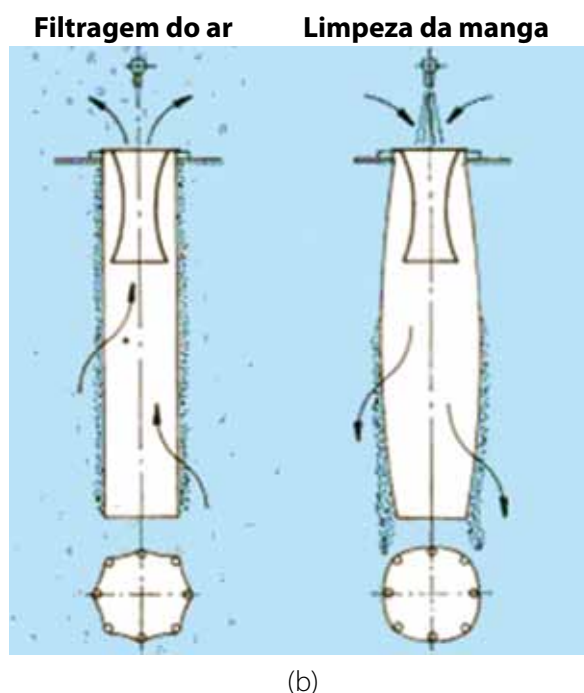
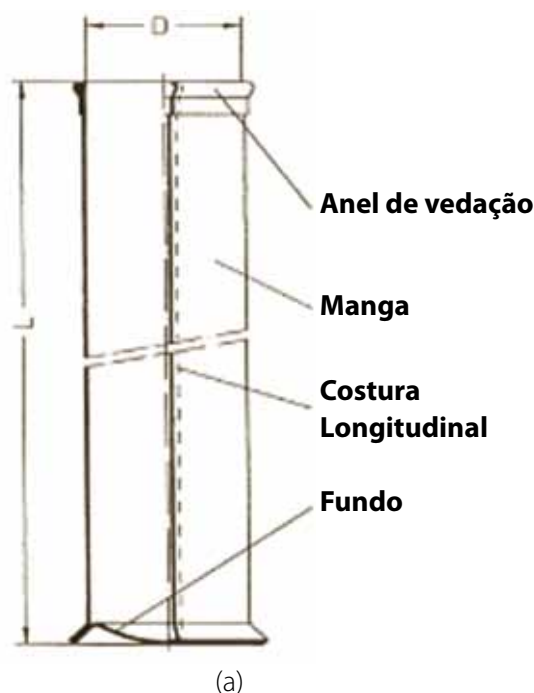
1.4. Mangas Plissadas de Poliéster

Os elementos filtrantes plissados são construídos pelo processo spunbonded, onde as fibras são calandradas sob calor e pressão, garantindo maior eficiência de filtração e elevada estabilidade (VIANA & ROCHA, 2009).

A manga plissada assegura a retenção de particulados extremamente finos, com melhor eficiência a partir de 0,5 microns de diâmetro da partícula (Figura 4). A excelente qualidade de filtração é conseguida devido ao bom desprendimento, com menor esforço e desgaste do elemento filtrante (BWF, 2007).

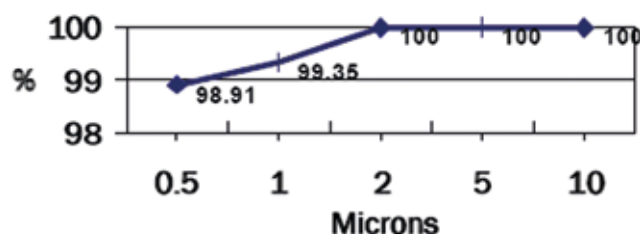
O espaçamento maior entre as dobras plissadas garante um excelente desprendimento do pó durante o ciclo de limpeza, melhorando o desempenho do processo de filtração. Isso ocorre devido o aumento da área filtrante, reduzindo a relação ar-pano, ou seja, diminui a velocidade de filtração (RENNER TÊXTIL, 2001).

Figura 3. (a) Manga filtrante; (b) Fluxos de filtragem do ar e limpeza da manga.



Fonte: AR AMBIENTAL (2004).

Figura 4. Eficiência da manga plissada x diâmetro da partícula.

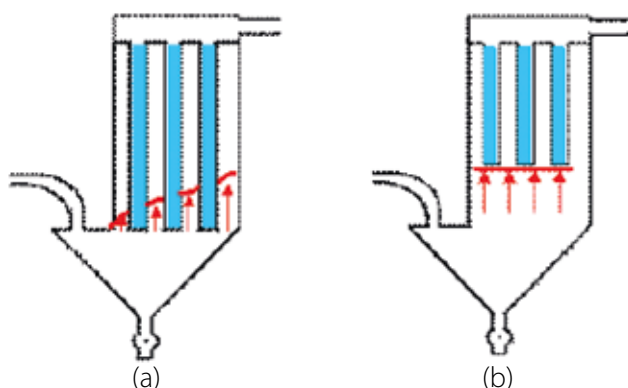


Fonte: BWF (2007).

Conforme Renner Têxtil (2001), a utilização de filtro plissado pode ser com mangas mais curtas, o que cria uma câmara abaixo das mangas, ocorrendo uma melhor distribuição das velocidades dos gases. Esta melhor distribuição e por conta da câmara abaixo das mangas, reduz a velocidade ascendente dos gases no filtro. Por conta disto, permitirá que boa parte do pó já precipite na moega, reduzindo a carga que vai subir para as mangas. Na Figura 5, para as duas condições no filtro, com mangas convencionais e plissadas, está indicada a tendência de distribuição das mangas filtrantes e o perfil de velocidade ascendente dos gases.

No filtro de mangas convencional a pressão do ar comprimido deve ficar em torno de 6,0 bar e o tempo de permanência de abertura das válvulas solenoides deve ser entre 14 e 16 milissegundos. No filtro com mangas plissadas, a pressão do ar comprimido deve ficar em torno de 4,0 bar e o tempo de permanência de abertura das válvulas deve ficar entre 18 e 20 milissegundos. O intervalo de batimento entre válvulas num filtro de manga convencional deve ficar em média em torno de 15 segundos. Um filtro com manga plissada deve ficar em torno de 35 a 45 segundos (CERON, 2010).

Figura 5. (a) Filtro convencional; (b) Filtro plissado.



Fonte: RENNER TÊXTIL (2001).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é demonstrar uma tecnologia mais limpa no processo de filtração de particulados de chumbo e gases industriais, abrindo possibilidade para outros setores industriais usarem a mesma aplicação de mangas plissadas.

3. MÉTODOS

Acompanhamento operacional durante doze meses com mangas convencionais e posteriormente com mangas plissadas, pelo mesmo período de tempo, controlando as variáveis de material particulado e chumbo, ambos em mg/Nm^3 . Utilização de sonda modelo RP-04 e detector de pó modelo GDM-01, para monitorar o material particulado e o efeito triboelétrico, ajustando a isocinética. Controle de vazão, velocidade e pressão usando medidor modelo MVP-2.

A conversão do filtro foi projetada com o objetivo de maximizar a eficiência operacional do equipamento, de maneira que se pudesse então satisfazer os requisitos de baixas emissões. As relações de projeto e mudanças no filtro em condições operacionais com mangas convencionais e plissadas são mostradas na Tabela 2.



Tabela 2. Variáveis e mudanças no projeto das mangas.

Condições do equipamento	Convencional	Plissada
Volume de gás (m ³ /h)	3.534,20	3.534,20
Temperatura média (°C)	31,10	32,70
Umidade dos gases (% vol.)	1,19	1,42
Número de linhas	5	3
Número de colunas	7	7
Número de mangas	35	21
Diâmetro das mangas (mm)	165	150
Comprimento das mangas (mm)	3.800	2.000
Área filtrante da manga (m ²)	1,97	4,00
Relação ar pano (m ³ /m ² .min)	0,85	0,70
Área filtrante do filtro (m ²)	69,30	84,15
Velocidade ascendente (m/seg)	1,00	0,70

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os acompanhamentos mensais de emissão do filtro foram monitorados em mg/Nm³ para material particulado (M.P.) e chumbo (Pb), conforme a Tabela 3. Primeiro com mangas convencionais e após a mudança do projeto para mangas plissadas.

Tabela 3. Resultados de emissão em mg/Nm³.

Mês	Convencional		Plissada	
	M.P.	Pb	M.P.	Pb
1	5,12	2,35	2,03	0,03
2	6,15	3,45	2,22	0,02
3	7,58	4,22	2,50	0,04
4	9,54	4,56	2,43	0,03
5	14,65	4,89	2,35	0,05
6	24,78	6,12	2,12	0,04
7	28,93	7,63	3,11	0,07
8	35,85	7,72	2,85	0,10
9	39,11	9,12	3,19	0,09
10	60,35	10,22	3,45	0,12
11	69,22	12,34	4,12	0,13
12	79,36	14,68	4,27	0,15

A apresentação dos resultados na Tabela 3 é mostrada em forma de gráficos para a manga convencional, com a faixa limite de uso em vermelho (Figura 6); e para a manga plissada com a tendência de durabilidade pelas equações polinomiais das curvas (Figura 7).

Figura 6. Acompanhamento de emissão para manga convencional.

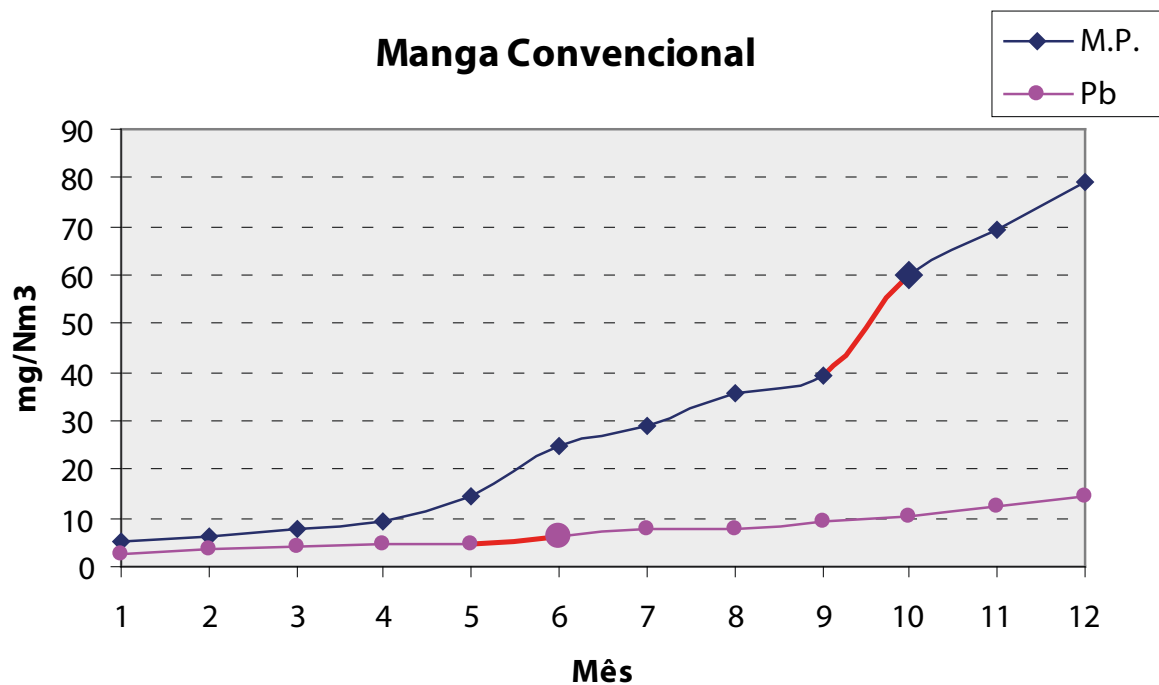
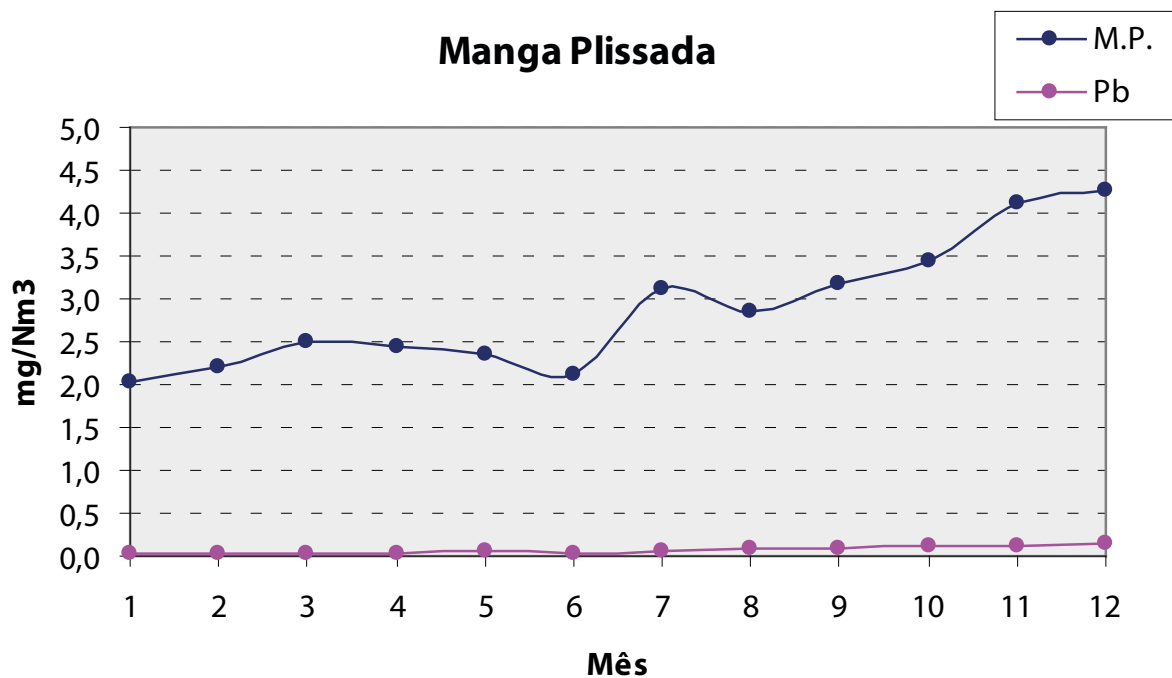


Figura 7. Acompanhamento de emissão para manga plissada.





As equações 2 e 3 são polinômios que representam respectivamente as curvas de M.P. e Pb, listas a seguir:

$$y = 0,0204 x^2 - 0,0736 x + 2,2618 \quad (R^2 = 0,9166)$$

(Equação 2)

$$y = 0,0009 x^2 + 0,0001 x + 0,0234 \quad (R^2 = 0,9563)$$

(Equação 3)

O tempo de vida útil para a manga convencional ficou limitado em 6 meses de uso, devido a emissão de chumbo atingir 6,12 mg/Nm³, ultrapassando o limite recomendado pelo CONAMA nº 382 em 5 mg/Nm³. Pelo material particulado o tempo chegou em 10 meses de uso, até atingir uma emissão de 60,35 mg/Nm³, que ultrapassou aos 50 mg/Nm³ recomendados pela legislação.

A estimativa de durabilidade para a manga plissada usando a equação 2, atingirá 51,57 mg/Nm³ de emissão de material particulado com 51 meses, aproximadamente 4 anos de uso. Já a estimativa pela equação 3 para o chumbo é superior, chegando a 75 meses de uso até atingir a emissão de 5,09 mg/Nm³. Portanto, a vida útil da manga plissada é estimada em 4 anos de uso para esta aplicação de chumbo, controlada pela emissão de material particulado.

A utilização de manga plissada inverteu a tendência da variável de controle no filtro, pois com manga convencional o limitante de emissão é o chumbo, ao passo que com manga plissada o limitador passou a ser o material particulado.

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que as emissões de material particulado e de chumbo foram controladas com manga plissada durante os 12 meses de avaliação, com valores abaixo do que a legislação recomenda. Ocorreu aumento da capacidade de filtração, consequentemente elevando o desempenho de produção, devido à diminuição do tempo de paradas para troca de mangas filtrantes. Portanto, a conversão foi uma solução economicamente viável, evitando a compra de um novo equipamento.

Pode-se concluir que é perfeitamente possível ajustar a utilização da mesma tecnologia de plissados de poliéster para a maioria dos processos industriais que utilizam filtros de mangas convencionais de não tecidos.



A vasta gama de tipos de agressões ao meio ambiente nas atividades industriais obriga a necessidade de especializações diversificadas para seus controles, pois, até dentro de um mesmo tipo, os controles dos poluentes se diferenciam pela espécie, pela quantidade e até mesmo pela periodicidade da agressão. Assim, caso a caso, tecnologias específicas se impõem. Em fim, o controle deverá ter a tecnologia adequada para que se alcance, com eficiência, o benefício ambiental que justifique o investimento em controles por equipamentos e materiais têxteis diferenciados.