

Não tecido de poliéster plissado para filtração de particulados

Non-woven polyester pleated for particle filtration

Luciano Peske Ceron

Doutorando em Engenharia de Materiais/PUCRS, Mestre em Engenharia de Materiais/PUCRS, Engenheiro Químico/PU-CRS, Especialista em Gestão Ambiental/GAMA FILHO, Especialista em Gestão Empresarial/UFRGS.

Sandra Mara Oliveira Einloft

Pós-Doutorado/PIERRE ET MARIE CURIE, Pós-Doutorado/UFRGS, Doutora em Engenharia de Minas Metalúrgica e Materiais/UFRGS, Mestre em Engenharia de Minas Metalúrgica e Materiais/UFRGS, Química/UFSM.

Rosane Angélica Ligabue

Pós-Doutorado/ALICANTE, Doutora em Química/UNESP, Mestre em Química/UFRGS, Química Industrial/UFRGS.

Endereço para correspondência:

luciano@rennertextil.com.br

Data de entrada: 29/06/2010 **Data de aprovação:** 19/09/2011

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 com teflon em empresa deste setor, substituindo as mangas convencionais de não tecidos de poliéster. Os resultados mostram a diminuição de emissão para a atmosfera, devido a uma maior área útil das mangas plissadas e conseqüente maior eficiência de captação de particulados de chumbo.

ABSTRACT

Lead is recognized by the World Health Organization as one of the most hazardous chemicals to human health, the most used non-ferrous metals. The largest use of lead and lead oxides industries, battery manufacturing and recycling of industrial lead. This paper presents an alternative cleaner production technology and economically viable, integrated industrial filtration processes to lead, applying sleeves pleated polyester with teflon company in this sector, replacing the sleeves conventional nonwoven polyester. The results show the decrease of emission to the atmosphere, due to a higher floor area of the pleated sleeves and consequent higher collection efficiency of particulate lead.

Palavras Chave: Chumbo; Manga Plissada; Não Tecido; Particulados.

Keywords: Lead; Pleated Bags; Non-Woven; Particulates.

INTRODUÇÃO

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 (Tocchetto, 2005). No homem, os principais efeitos resultantes da exposição crônica ao chumbo são os efeitos no sistema nervoso, na função renal, interferência no metabolismo da vitamina D e anemia. Quantidade entre 40 a 60 µg/dL de chumbo no sangue provoca sintomas neurológicos, enquanto valores de 30 a 40 µg/dL são responsáveis por diminuição em nível dos nervos periféricos. As crianças são particularmente sensíveis aos efeitos neurotóxicos do chumbo, pois em níveis sanguíneos de 10 a 30 µg/dL ou mesmo inferiores, podem afetar o limiar da audição e o crescimento em crianças (Barros, 2000).

Segundo a legislação brasileira pertinente ao CONAMA nº 382 de 2006 que estabelece os limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos (material particulado e chumbo), gerados em processos indústrias de fusão secundária de chumbo (recuperação de chumbo), conforme mostra a Tabela 1.

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

Fonte: Conama (2006).

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). Os filtros de mangas estão dentre os principais equipamentos destinados a efetuar a coleta e

retenção dos materiais particulados, evitando que estes sejam liberados diretamente na atmosfera, sem tratamento adequado (Souza e Chaves, 2004).

O têxtil utilizado na confecção de mangas filtrantes para a filtração de chumbo, normalmente é um não tecido de poliéster, que 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).

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 operação de um sistema de filtração de particulados em filtros de mangas convencionais ou plissadas é o mesmo, onde o ar é carregado de impurezas até a entrada do filtro pela moega inferior e movimentada-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 1 (Renner Têxtil, 2001). Com as mangas convencionais e devido à velocidade de entrada no filtro, a distribuição dos gases não é uniforme, sobrecarregando parte das mangas (Ceron, 2010).

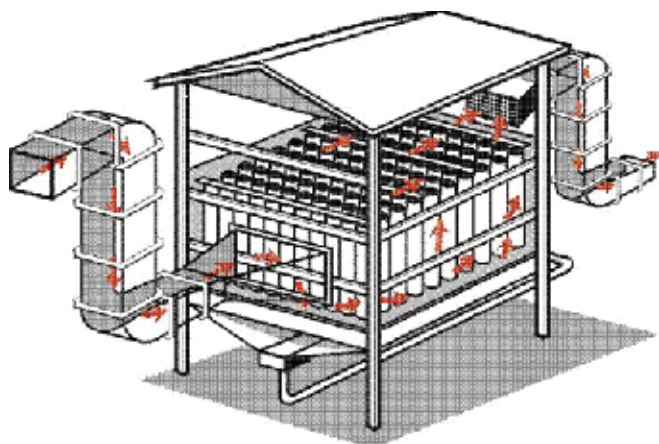


Figura 1 - Sistema de filtração de particulados.
Fonte: Renner Têxtil (2001).

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, deslocando as partículas para a moega de retenção (Figura 2). 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).

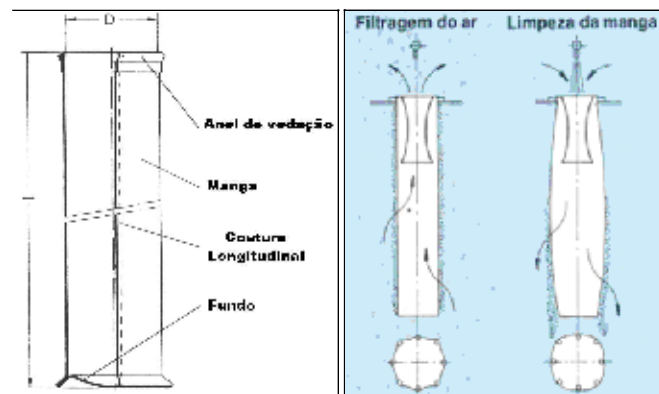


Figura 2 - (a) Manga convencional; (b) Fluxos de filtragem e limpeza da manga. Fonte: Ar Ambiental (2004).

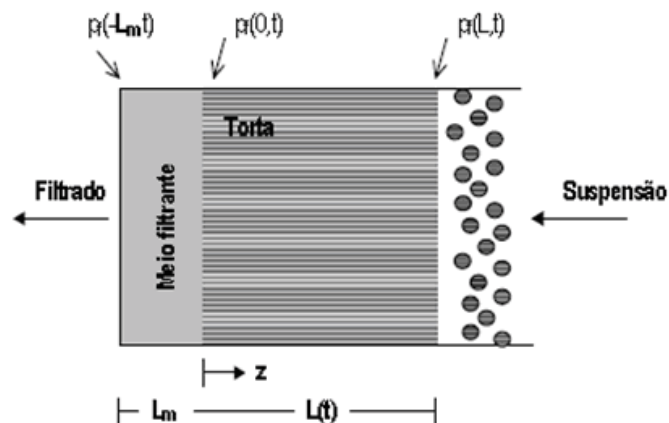
O projeto de um filtro de não tecido requer considerações de muitos parâmetros, nos quais os principais são a área de filtragem, perda de carga, mecanismo de limpeza e configuração das mangas (Tomazzoni, 2007). O tamanho do filtro de não tecido é determinado pela área requerida para filtrar os gases, 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 (Ceron, 2010). A velocidade dos gases irá depender do método de limpeza, do material das mangas e das características das partículas. Em geral, para filtro com fios tecidos 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 de não tecidos pode ocorrer devido a excesso térmico, stress mecânico provocado por repetidas flexões de limpeza, ataques químicos e abrasão (Tomazzoni, 2007).

O objetivo deste artigo é demonstrar uma tecnologia mais limpa no processo de filtração de particulados de chumbo, em empresa industrial deste setor, com aplicação de mangas plissadas de poliéster com tratamento de teflon em substituição as mangas convencionais de não tecidos.

1.1. Filtração

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 3. 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 mmH₂O. Alcançado esse valor a torta de pó deve ser removida da superfície do não-tecido (Tomazzoni, 2007).



$p(-Lm,t)$ - tempo para percorrer espessura do meio filtrante.
 $p(0,t)$ - tempo inicial de formação da torta.
 $p(L,t)$ - tempo final de formação da torta.
 z - medida inicial da espessura da torta.
 Lm - espessura do meio filtrante.
 $L(t)$ - espessura do meio filtrante com o acúmulo da torta.

Figura 3 - Filtração de particulados.
 Fonte: Dias (2008).

Pouco se conhece sobre o comportamento da regeneração de um meio filtrante, ainda não é claro, por exemplo, se a posição das áreas regeneradas na superfície do mesmo muda com o passar dos ciclos de filtração e limpeza, ou se o meio filtrante é sempre regenerado na mesma posição (Teixeira et al., 2005). Dittler e Kasper (1999) realizaram experimentos de filtração com um sistema óptico de medidas e determinaram a frequência local de regeneração. Perceberam que algumas áreas tendem a ser regeneradas com mais frequência que outras, e a espessura das tortas de filtração formada aumentam nas áreas que não são regeneradas frequentemente. Os autores concluíram que o comportamento da filtração de particulados é bastante influenciado quando não há a completa regeneração do filtro, ou seja, quando ocorre o fenômeno *Patchy Cleaning* ou limpeza por blocos.

A eficiência de filtração está fortemente relacionada com a porosidade do meio filtrante e o tamanho dos poros do particulado, pois representa a capacidade que o meio de filtração apresenta de reter as partículas de interesse (Barnett, 2002). Esta propriedade também pode ser determinada através da permeabilidade, que representa a quantidade percentual de partículas que transpassam a superfície do meio de filtração, ou seja, que não foram retidas. Portanto, Equação 1 representa esta expressão, onde FE é a eficiência de filtração (filtration efficiency) e p é a permeabilidade.

$$FE = 1 - p \quad (\text{Equação 1})$$

Nos casos onde a filtração interna não alcança valores adequados de remoção de partículas submicrômicas, existem trabalhos que recomendam o uso de membranas de recobrimento para os tecidos de poliéster, que tornam o

processo exclusivamente uma filtração superficial, simulando com estas membranas a torta já formada (Powell, 1998; Callé et al., 2001). As membranas de recobrimento comumente utilizadas são as de politetrafluoretileno (Teflon) que exibem boa liberação da torta, baixa perda de carga, vida útil elevada e menor custo (Wimmer, 1999). Este tipo de recobrimento melhora a eficiência, minimizam a penetração de partículas no tecido, impedindo que muitas partículas se acomodem no interior do meio filtrante.

1.2. Mangas Plissadas

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, sem haver variação na permeabilidade (Viana e Rocha, 2009). As mangas plissadas (Figura 4) proporcionam maior eficiência de filtração, cerca de duas a três vezes maiores que as mangas convencionais. O projeto é economicamente favorável devido à maior área útil do elemento filtrante (maior espaçamento entre as dobras plissadas), pois a saturação do têxtil fica retardada, aumentando a vida útil do plissado. O aumento de área nos plissados proporciona reduzir a relação ar-pano, ou seja, diminuir a velocidade de filtração em projetos de reformulação de filtros (Renner Têxtil, 2001; Ceron, 2010). A manga plissada com teflon assegura a captura de particulados extremamente finos, com eficiência de 98,91% a partir de 0,5 microns de diâmetro do particulado, mostrado na Figura 5. A qualidade de filtração é conseguida devido ao bom desprendimento, com menor esforço e desgaste do elemento filtrante (BWF, 2007).



Figura 4 - Manga plissada.
 Fonte: Renner Têxtil (2001).

METODOLOGIA

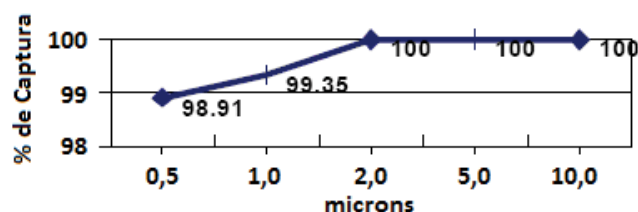


Figura 5 - Eficiência x Diâmetro da partícula.

Fonte: BWF (2007).

Conforme Ceron (2010), a conversão para filtro plissado pode ocorrer com mangas mais curtas (maior área interna), o que cria uma câmara maior abaixo das mangas plissadas, proporcionando que boa parte do pó já precipite na moega, reduzindo a carga que vai subir para as mangas. A Figura 6 apresenta as duas condições internas no filtro, com mangas convencionais e plissadas, onde se verifica a distribuição homogênea das velocidades dos gases com plissados (linhas vermelhas de fluxo).

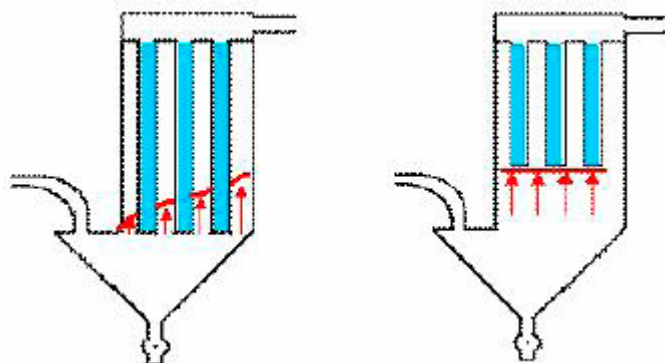


Figura 6 - (a) Filtro convencional; (b) Filtro plissado.

Fonte: Ceron (2010).

1.3. Projeto de Conversão

A conversão do filtro foi projetada com o objetivo de aumentar a eficiência de captura dos poluentes de maneira a satisfazer os requisitos da legislação de baixas emissões de particulados e chumbo. As relações das variáveis e mudanças realizadas no filtro para mangas convencionais e plissadas de poliéster com teflon 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

Conforme recomenda a legislação o teste foi realizado nas condições plenas de carga do filtro de acordo com a metodologia NBR 12019:1990 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fonte estacionárias – Determinação de materiais particulados.

Os dados foram acompanhados pela operação da empresa, com dados on line fornecidos para os autores pelo software FSC, durante 12 meses com mangas convencionais de poliéster e posteriormente com mangas plissadas de poliéster com teflon, pelo mesmo período de tempo, controlando as variáveis de material particulado e chumbo, ambos em mg/Nm³. O teste de amostragem de emissão e temperatura dos gases foi realizado de forma direta e contínua em duto de chaminé (Figura 7-a), localizado logo após o filtro. A sonda Autel, modelo RP-04 foi colocada na parte interna do duto da chaminé, para monitorar a emissão através do impacto de particulados em haste metálica (Figura 7-b). Os resultados são transmitidos por efeito triboelétrico para detector GDM-01 (Figura 7-c), que é conectado ao software FSC. Para o controle de vazão, velocidade e pressão do sistema foi usado um medidor portátil MVP-2, com transmissão por sinal 4-20 mA, para monitoramento remoto das variáveis do processo.



Figura 7 - (a) Chaminé após o filtro



Figura 7 - (b) Parte externa da sonda



Figura 7 - (c) Detector GDM-01.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os acompanhamentos diários de emissão do filtro foram monitorados em mg/Nm^3 para material particulado (M.P.) e chumbo (Pb), através de três leituras diárias (8, 16 e 24 h). Os resultados das médias diárias foram transformados em um valor mensal, apresentado na Tabela 3 com seu respectivo desvio padrão, primeiro com manga convencional de poliéster e após a mudança do projeto para manga plissada de poliéster com teflon.

Tabela 3 - Resultados de emissão em mg/Nm^3 .

Mês	Convencional		Plissada	
	M.P.	Pb	M.P.	Pb
1	5,12±0,36	2,35±0,19	2,03±0,22	0,03±0,01
2	6,15±0,41	3,45±0,18	2,22±0,21	0,02±0,01
3	7,58±0,62	4,22±0,29	2,50±0,34	0,04±0,01
4	9,54±0,86	4,56±0,35	2,43±0,39	0,03±0,00
5	14,65±1,04	4,89±0,41	2,35±0,28	0,05±0,01
6	24,78±1,55	6,12±0,36	2,12±0,30	0,04±0,00
7	28,93±2,02	7,63±0,45	3,11±0,33	0,07±0,01
8	35,85±2,45	7,72±0,51	2,85±0,24	0,10±0,02
9	39,11±1,85	9,12±0,74	3,19±0,35	0,09±0,01
10	60,35±2,93	10,22±0,69	3,45±0,29	0,12±0,02
11	69,22±3,03	12,34±0,88	4,12±0,25	0,13±0,02
12	79,36±4,56	14,68±0,94	4,27±0,36	0,15±0,01

A apresentação dos resultados da Tabela 3 é mostrada em forma de gráficos para a manga convencional, com a faixa limite de uso em vermelho (Figura 8); e para a manga plissada com a tendência de durabilidade pelas equações polinomiais das curvas (Figura 9).

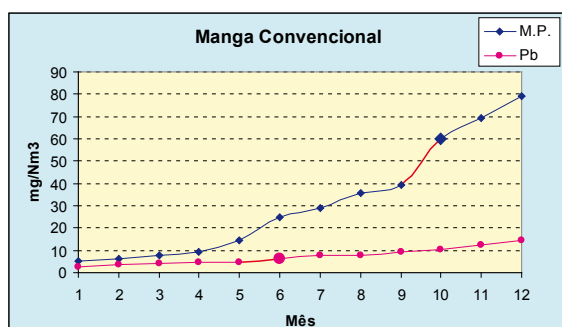


Figura 8 - Acompanhamento de emissão para manga convencional.

O tempo de vida útil para a manga convencional ficou limitado em 6 meses de uso, devido a emissão de chumbo atingir $6,12 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, ultrapassando o limite recomendado pelo CONAMA nº 382 em $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. Para o material particulado o tempo chegou em 10 meses de uso, até atingir emissão de $60,35 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, que ultrapassou os $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ recomendados pela legislação.

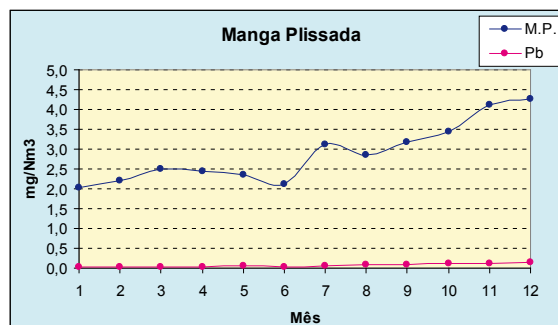


Figura 9 - Acompanhamento de emissão para manga plissada.

As equações 2 e 3 são polinômios que representam respectivamente as curvas de M.P. e Pb na Figura 9, listas a seguir:

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

$$z = 0,0009x^2 + 0,0001x + 0,0234 \quad (R^2 = 0,9563) \quad (\text{Equação 3})$$

A estimativa de durabilidade para as mangas plissadas é baseada nos limites da Tabela 1. Usando a Equação 2 atingirá $51,57 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ de emissão de material particulado (valor de y) com 51 meses (valor de x), aproximadamente 4 anos de uso. Já a estimativa do controle do chumbo pela Equação 3 é superior, chegando a 75 meses de uso (valor de x) até atingir a emissão de $5,09 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ (valor de z). Portanto, a vida útil da manga plissada é estimada em 4 anos de uso, 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 passou a ser o material particulado. Por limitador entende-se o primeiro controle a ultrapassar os recomendados pelo CONAMA nº 382 de 2006 (Tabela 1).

A Tabela 4 mostra os custos relativos para os dois tipos de mangas filtrantes, conforme o tempo de vida útil (Figuras 8 e 9), onde as mangas plissadas apresentam melhor viabilidade econômica. O custo das mangas plissadas para 6 meses foi dividido proporcionalmente.

Tabela 4 - Custos comparativos com mangas convencional e plissada

Avaliação Econômica	Convencional	Plissada
Número de mangas	35	21
Custo unitário (R\$)	40,00	370,00
Custo em 6 meses (R\$)	1.400,00	971,25
Trocas para 4 anos	8	1
Custo em 4 anos (R\$)	11.200,00	7.770,00
Redução em 4 anos (%)	-	31,25

4. CONCLUSÕES

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, conseqüentemente 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 e conseguiu-se uma redução estimada de 31,25% pela troca de elementos filtrantes.

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

5. REFERÊNCIAS

- AR AMBIENTAL. Manual Filtro de Mangas. 3. ed, Cajamar: Ar Ambiental, 2004.
- ASSUNÇÃO, J. V. Poluição atmosférica. In: CASTELLANO, E. G. ed. Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998. p. 271-308.
- BARNETT, T. Improving the performance of fabric filter dry dust collection equipment. *Filtration & Separation*, v. 37, n. 2, p. 28-32, 2002.
- BARROS, J. H. Parecer relativo ao tratamento de resíduos industriais perigosos. Disponível em: <<http://www.mun-setubal.pt/NR/rdonlyres/971604A0-3D2E-481D-8807-9883243AB3C7/4328/ParecerqueimaresiduosindustriasCCI.pdf>> Acesso em: 26 set. 2009.
- BWF. PTFE membrane coated filter media in comparison with needlon mps concept. 5. ed, Germany: BWF, 2007.
- CALLÉ, S; BÉMER, D; THOMAS, D; CONTAL, P; LECLERC, D. Changes in the performance of filter media during clogging and cleaning cycles. *Ann. Occup Hyg.* v. 45, n. 2, p. 115-121, 2001.
- CERON, L. P. Tecnologia de filtração de particulados de chumbo usando mangas plissadas. 2010. 44 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental para Empresas) - POSEAD, GAMA FILHO, Brasília.
- CONAMA. Resoluções do CONAMA. Brasília: CONAMA, 2006.
- DIAS, T. Indústria de borracha livre de particulados. *Meio Filtrante*, São Bernardo do Campo, v. 7, n. 32, p. 32-36, mai. 2008.
- DICKENSON, C. *Filters and Filtration Handbook*. 3 ed. Oxford: Elsevier Advanced Technology, 1994.
- DITTLER, A.; KASPER, G. Patchy cleaning of rigid filter media – Experimental determination of ransient regeneration phenomena, 1999.
- POWELL, J. Surface filtration: the way forward? *Filtration and Separation*, mar, p. 134-136, 1998.
- RENNER TÊXTIL. Manual Técnico de Fibras. 2. ed., Cachoeirinha: Renner Têxtil, 2001.
- SOUZA, A. F.; CHAVES, A. L. Control of the Industrial Gas Polluting Waste. *Technologia*, v. 5, n. 2, p. 83-106, 2004.
- TEIXEIRA, D.; SILVA, T. A. L.; TIENE, E. F.; AGUIAR, M. L. Filtração de gases: Estudos do fenômeno da limpeza por blocos em um filtro de acrílico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas. Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica... São Carlos: UFSCar, 2005.
- TOCCHETTO, M. R. L. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. Santa Maria: UFSM, 2005, 97 p.
- TOMAZZONI, F. Economia de ar comprimido nos filtros de manga do sistema de despoeiramento de alumina da empresa Alunorte - Alumina do Norte do Brasil S.A. 2007. 128 f. Graduação (Faculdade em Engenharia) – Departamento de Engenharia Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- VIANA, F. L. E.; ROCHA, R. E. V. Benchmarking Interno: aplicação na manufatura de uma organização do setor de transformação de plásticos. Santa Maria, p.34-45, 2009. Disponível em: <<http://www.ingepro.com.br/index.php/ingepro/article/viewFile/114/100>> Acesso em: 20 ago. 2009.
- WIMMER, A. PTFE yams and fibres in hot gás filtration. *Filtration and separation*, mar, p. 26-28, 1999.